

(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION  
EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(19) Organisation Mondiale de la Propriété  
Intellectuelle  
Bureau international



(43) Date de la publication internationale  
12 février 2004 (12.02.2004)

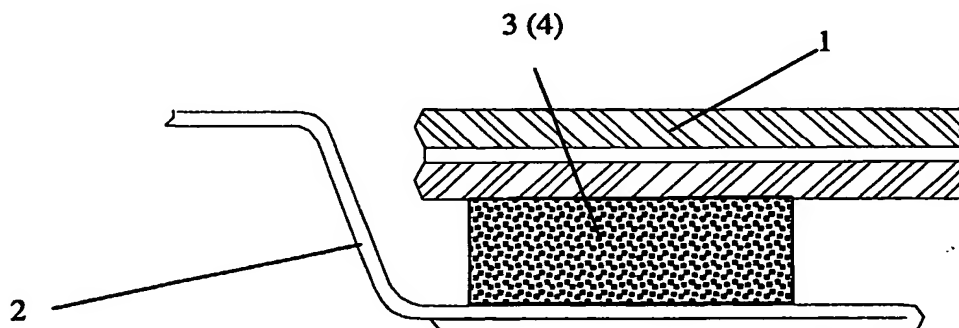
PCT

(10) Numéro de publication internationale  
WO 2004/012952 A2

- (51) Classification internationale des brevets<sup>7</sup> : B60J 10/02
- (21) Numéro de la demande internationale : PCT/FR2003/002417
- (22) Date de dépôt international : 30 juillet 2003 (30.07.2003)
- (25) Langue de dépôt : français
- (26) Langue de publication : français
- (30) Données relatives à la priorité :  
02/09732 31 juillet 2002 (31.07.2002) FR
- (71) Déposant (pour tous les États désignés sauf US) : SAINT-GOBAIN GLASS FRANCE [FR/FR]; "Les Miroirs", 18, avenue d'Alsace, F-92400 Courbevoie (FR).
- (72) Inventeurs; et
- (75) Inventeurs/Déposants (pour US seulement) : REHFELD, Marc [FR/FR]; 6, avenue du Général de Gaulle, F-95460 Ezanville (FR). MOTTELET, Béatrice [FR/FR]; 14, boulevard Gambetta, F-60200 Compiègne (FR). LEROY, Dimitri [FR/BE]; Quai de Rome 55, Boîte 071, B-4000 Liege (BE). DRUJON, Frederic [FR/FR]; Rue Friette, F-60150 Machemont (FR).
- (74) Mandataire : MULLER, René; Saint-Gobain Recherche, 39, quai Lucien Lefranc, F-93300 Aubervilliers (FR).
- (81) États désignés (national) : AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.
- (84) États désignés (régional) : brevet ARIPO (GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), brevet eurasien (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), brevet européen (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), brevet OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).
- Publiée :  
— sans rapport de recherche internationale, sera republiée dès réception de ce rapport
- En ce qui concerne les codes à deux lettres et autres abréviations, se référer aux "Notes explicatives relatives aux codes et abréviations" figurant au début de chaque numéro ordinaire de la Gazette du PCT.

(54) Title: SOUND-DAMPING PROFILED MEMBER

(54) Titre : PROFILE A PROPRIETE D'AMORTISSEMENT ACOUSTIQUE



(57) Abstract: Disclosed is a profiled member (3) to be inserted between two elements (1, 2) so as to dampen the noise spreading across at least one of the elements. Said profiled member (3) is made of at least one plastic-based damping material. The invention is characterized by the fact that the profiled member (3) has an equivalent real stiffness per unit length ( $K'_{eq}$ ) of at least 25 MPa and an equivalent loss factor ( $\tan\delta_{eq}$ ) of at least 0.25.

(57) Abrégé : Profilé (3) destiné à être intercalé entre deux éléments (1, 2) pour réaliser l'atténuation acoustique des bruits se propageant au travers d'au moins un des éléments, le profilé (3) étant constitué d'au moins un matériau amortissant à base de matière plastique, caractérisé en ce que le profilé (3) présente une raideur linéique réelle équivalente ( $K'_{eq}$ ) au moins égale à 25 MPa, et un facteur de perte équivalent ( $\tan\delta_{eq}$ ) au moins égal à 0,25.

## PROFILE A PROPRIETE D'AMORTISSEMENT ACOUSTIQUE

La présente invention concerne un profilé destiné à être intercalé entre deux éléments pour réaliser l'atténuation acoustique des bruits se propageant au travers d'au moins un des éléments, le profilé étant constitué d'au moins un matériau amortissant à base de matière plastique.

Un tel profilé peut notamment être utilisé pour des vitrages de véhicule, en particulier automobile, en vue d'améliorer le confort acoustique.

Dans un véhicule automobile, les sources de désagrément d'origine mécanique, thermique, de visibilité, etc... ont été peu à peu maîtrisées. Mais l'amélioration du confort acoustique reste toujours d'actualité.

Les bruits d'origine aérodynamique, c'est-à-dire créés par le frottement de l'air sur le véhicule en déplacement, ont pu, au moins en partie, être eux-mêmes traités à leur source, c'est-à-dire que pour économiser l'énergie, les formes ont été modifiées en améliorant ainsi la pénétration dans l'air et en diminuant les turbulences qui sont elles-mêmes source de bruits. Parmi les parois d'un véhicule qui séparent la source de bruits aérodynamiques extérieure de l'espace intérieur où se trouve le passager, les vitrages sont évidemment les plus difficiles à traiter. On ne peut utiliser des absorbants pâteux ou fibreux réservés aux parois opaques et pour des raisons pratiques ou de poids, les épaisseurs ne peuvent être augmentées inconsiderablement. Le brevet européen EP-B1-0 387 148 propose des vitrages qui réalisent une bonne isolation contre les bruits d'origine aérodynamique sans que leur poids et/ou leur épaisseur soient trop augmentés. Le brevet propose ainsi un vitrage feuilleté dont l'intercalaire possède un amortissement à la flexion  $\nu = \Delta f/f_c$  supérieur à 0,15, la mesure étant effectuée en excitant par un choc un barreau feuilleté de 9 cm de longueur et 3 cm de largeur fait d'un verre feuilleté où la résine est entre deux verres épais chacun de 4 mm, et en mesurant  $f_c$ , fréquence de résonance du premier mode, et  $\Delta f$ , largeur du pic à une amplitude  $A/\sqrt{2}$  où A est l'amplitude maximum à la fréquence  $f_c$  de telle

sorte que son indice d'affaiblissement acoustique ne se différencie pour aucune des fréquences supérieures à 800 Hz de plus de 5 dB d'un indice de référence augmentant de 9 dB par octave jusqu'à 2000 Hz et de 3 dB par octave aux fréquences supérieures. De plus, l'écart-type  $\sigma$  des différences de son indice d'affaiblissement acoustique par rapport à l'indice de référence reste inférieur à 4 dB. Les épaisseurs des deux verres peuvent être identiques et égales à 2,2 mm. Ce brevet propose ainsi une solution générale au problème de l'isolement acoustique aux bruits aérodynamiques d'un véhicule.

Par contre, le traitement des vitrages contre les bruits d'origine solidienne, c'est-à-dire contre les bruits transmis par l'intermédiaire des solides et dans le domaine de fréquences de 50 à 300 Hz voire 800 Hz, est plus difficile à réaliser. En effet, il s'avère que l'emploi de pièces de liaison reste insuffisant pour éviter la transmission du bruit par vibration des vitrages. Il a été constaté, à cet effet, qu'à certaines vitesses de rotation du moteur, un bourdonnement perceptible par le passager apparaissait et causait ainsi une source de désagrément. En effet, la rotation du moteur provoque la création de vibrations qui se transmettent, par exemple, à la carrosserie et ainsi, par effet de chaîne, aux vitrages. On sait que l'énergie acquise par un objet soumis à un choc engendre un phénomène de vibration et qu'aussitôt après le choc, l'objet redevenu libre vibre selon son propre mode. A chaque mode est associé une fréquence de vibration. L'amplitude de la vibration dépend de l'excitation initiale, c'est-à-dire de la composante spectrale du choc (amplitude du choc à la fréquence étudiée) et de la zone d'impact du choc, la déformation modale étant plus ou moins importante selon que le choc se produit à un ventre ou à un noeud de vibration.

Pour qu'un mode propre soit excité, il faut :

- (1) que la déformation provoquée au point d'impact ne se situe pas sur un noeud de vibration du mode,
- (2) que le spectre d'énergie de choc ait une composante à la fréquence de résonance du mode.

Cette dernière condition est pratiquement toujours remplie, car un choc très bref présente un spectre d'énergie pratiquement uniforme.

La première condition est également remplie et, pour un barreau libre à ses extrémités, par exemple, il suffit de taper à l'une des extrémités pour exciter tous les modes.

L'excitation solidienne est périphérique et il a été mis en évidence qu'à certaines fréquences de vibration du moteur, c'est-à-dire à certaines vitesses de rotation du moteur, les vitrages et l'habitacle du véhicule avaient chacun un mode de vibration, dont le couplage amplifiait le bourdonnement, issu du rayonnement des bruits provenant en l'occurrence du moteur, par les vitrages. Bien entendu, la vitesse de rotation du moteur à l'origine de ces phénomènes est particulière à chaque type de véhicule et ne peut être ainsi généralisée à une unique valeur.

Aussi, pour améliorer le confort acoustique dans l'habitacle du véhicule vis-à-vis des bruits d'origine solidienne, le brevet EP 0 844 075 propose un vitrage feuilleté comprenant au moins un film intercalaire possédant des qualités d'amortissement des sons audibles d'origine solidienne très satisfaisantes car possédant un facteur de perte  $\tan \delta$  supérieur à 0,6 et un module de cisaillement  $G'$  inférieure à  $2 \cdot 10^7$  N/m<sup>2</sup>, dans un domaine de température compris entre 10 et 60°C.

Une autre solution peut consister à associer à la périphérie du vitrage un profilé à propriété d'amortissement acoustique. A cet effet, le brevet DE 198 06 122 propose un profilé qui réalise en premier lieu la fixation de la vitre du véhicule à la carrosserie et joue par ailleurs un rôle amortissant. Le profilé est creux et rempli d'un matériau pâteux qui a pour fonction d'amortir les vibrations, le corps du profilé étant réalisé en un matériau de collage qui devient élastique après réticulation.

Toutefois, cette dernière solution présente comme inconvénient de ne pas assurer une raideur suffisante au profilé pour garantir la performance acoustique souhaitée.

En effet, d'une part, le profilé décrit qui est un cordon coextrudé est destiné à être écrasé entre le vitrage et la carrosserie mais cette méthode d'application par écrasement liée aux matériaux constitutifs du profilé ne garantit pas la forme dimensionnelle finale voulue. Or la préservation des dimensions du profilé après fixation du vitrage à la carrosserie au moyen dudit profilé est essentielle dans la performance d'amortissement que doit jouer le profilé comme nous le verrons dans la description de l'invention.

D'autre part, le matériau pâteux interne au corps du profilé reste mou et son confinement après écrasement du cordon coextrudé contre l'élément de carrosserie n'est pas garanti, car le corps du profilé constitué du matériau de

collage est également pâteux avant réticulation ce qui engendre le risque de voir lors du dépôt du cordon le matériau pâteux interne se répandre au-delà du corps du profilé.

L'invention a donc pour but de fournir comme solution d'amortissement acoustique, notamment pour les vitrages de véhicule automobile, un profilé ne présentant pas les inconvénients de l'art antérieur.

Selon l'invention, le profilé est caractérisé en ce qu'il présente une raideur linéique réelle équivalente  $K'_{eq}$  au moins égale à 25 MPa, et un facteur de perte équivalent  $\tan\delta_{eq}$  au moins égal à 0,25.

La raideur est une grandeur qui relie les déformations du profilé aux efforts qui lui sont appliqués. La raideur est définie par la rigidité des matériaux constituant le profilé et par la géométrie du profilé, la rigidité étant une grandeur caractéristique du matériau qui est fonction du module d'Young et/ou du module de cisaillement. Dans la suite de la description, les formules données pour des calculs seront liées uniquement au module d'Young, le module de cisaillement ne sera pas pris en compte, les contraintes et déformations en traction-compression liées au module d'Young étant suffisamment représentatives.

De manière connue, la raideur linéique équivalente  $K^*_{eq}$  est un nombre complexe s'écrivant  $K^*_{eq} = K'_{eq} + j K''_{eq}$  avec la partie réelle  $K'_{eq}$ , qu'on nomme dans la description la raideur linéique réelle équivalente, et la partie imaginaire  $K''_{eq}$  qui correspond au pouvoir de dissipation, c'est-à-dire à la transformation de l'énergie de déformation du profilé en énergie calorifique dans l'ensemble du profilé.

Et le facteur de perte est défini par  $\tan\delta_{eq} = \frac{K''_{eq}}{K'_{eq}}$ .

Pour connaître la raideur linéique réelle équivalente  $K'_{eq}$  et le facteur de perte équivalent  $\tan\delta_{eq}$  d'un profilé constitué d'un ou plusieurs matériaux, ces grandeurs seront estimées à l'aide d'un viscoanalyseur, appareil connu pour les hommes du métier que sont l'acousticien et le polymériste. Le viscoanalyseur mesure la raideur réelle équivalente  $K'_{eq}$  et le pouvoir de dissipation équivalent  $K''_{eq}$  d'un échantillon de profilé de section identique à celle du profilé et de longueur L puis on effectuera les calculs suivants :

- rapport entre la raideur réelle équivalente mesurée et la longueur L pour obtenir la raideur réelle linéique équivalente  $K'_{eq}$  du profilé :  
 $K'_{eq} = k'_{eq}/L$  ;
- rapport entre le pouvoir de dissipation équivalent mesuré et la raideur réelle équivalente mesurée pour obtenir le facteur de perte équivalente  $\tan\delta_{eq}$  du profilé :  $\frac{k_{eq}''}{k_{eq}'}$

Avantageusement, le profilé présente une raideur linéique réelle équivalente  $K'_{eq}$  comprise entre 30 MPa et 270 Mpa et un facteur de perte équivalent  $\tan\delta_{eq}$  au moins égal à 0,4.

Selon un premier mode de réalisation, le profilé est constitué d'un seul matériau amortissant ou de plusieurs matériaux amortissants, le ou les matériaux amortissants pouvant présenter des propriétés de collage avec les deux éléments.

Selon un second mode de réalisation, le profilé est constitué d'au moins un matériau amortissant et d'un matériau non amortissant de collage, le matériau de collage étant destiné à solidariser entre eux les deux éléments.

Selon une caractéristique de ce second mode de réalisation, le matériau de collage adhère par deux faces opposées respectivement aux deux éléments, le matériau amortissant étant rendu solidaire d'au moins un des deux éléments.

Selon une autre caractéristique, le matériau de collage adhère par l'une de ses faces au matériau amortissant qui est rendu solidaire d'un des éléments, et adhère par sa face opposée à l'autre élément à associer.

Selon une autre caractéristique, le profilé comporte plusieurs matériaux amortissants disposés par empilement selon des strates les uns au-dessus des autres, chacun des matériaux aux extrémités de l'empilement étant rendu solidaire d'un des deux éléments à associer ou du matériau de collage.

En variante, le profilé comporte plusieurs matériaux amortissants disposés par juxtaposition les uns à côtés des autres, aboutés ou non, chacun des matériaux ayant deux surfaces opposées rendues solidaires respectivement des deux éléments à associer.

Selon encore une autre variante, le profilé comporte plusieurs matériaux amortissants disposés par empilement et juxtaposition, au moins un ou deux

matériaux constituant en partie cette combinaison étant rendus solidaires des deux éléments à associer.

Pour toutes ces variantes, lorsque le profilé comporte aussi le matériau de collage, ce dernier peut être disposé par empilement et/ou juxtaposition avec le ou les matériaux amortissants. Le matériau non amortissant de collage est par exemple un mastic polyuréthane présentant un module d'Young  $E'$  égal à 21 MPa et un facteur de perte  $\tan\delta$  égal à 0,2.

Selon une caractéristique, le ou les matériaux amortissants, entre eux ou avec le matériau de collage, sont séparés par un espace d'air.

Avantageusement, le ou les matériaux amortissants sont choisis parmi les matières plastiques suivantes, polychlorure de vinyle plastifié ou non, élastomères thermoplastiques, polyuréthanes mono ou bicomposants, modifiés ou non par un élastomère tel que des polyoléfines, de l'EPDM (éthylène-propylène-diène), ou du caoutchouc, notamment du caoutchouc butyle, ou nitrile, ou encore styrène-butadiène, des copolymères polyacrylates ou polyméthacrylates d'alkyles et des résines époxydés.

Selon une première variante de composition, le matériau amortissant est un polyuréthane monocomposant dont le pourcentage de NCO est compris entre 0,5 et 2% et comprenant

- au moins un polyesterpolyol de fonctionnalité égale à deux (de préférence entre 80 et 200g), présentant un indice iOH compris entre 5 et 10, une température de transition  $T_g$  inférieure ou égale à  $-50^{\circ}\text{C}$  et un point de ramollissement compris entre 50 et  $80^{\circ}\text{C}$ ,
- au moins un polyesterpolyol de fonctionnalité égale à deux (de préférence entre 120g et 220g), présentant un indice iOH compris entre 50 et 100, une température de transition  $T_g$  inférieure ou égale à  $-50^{\circ}\text{C}$ ,
- au moins un isocyanate de fonctionnalité comprise entre 2,1 et 2,7 de type diphénylméthanediisocyanate (MDI) et présentant un pourcentage de NCO compris entre 11 et 33% (de préférence entre 180 et 220g),
- au moins un catalyseur (de préférence entre 0,5 et 3g),
- éventuellement une charge de type tamis moléculaire (de préférence entre 20 et 60g),
- éventuellement au moins une charge de type craie, kaolin, talc, alumine, noir de carbone, ou graphite (de préférence entre 5 et 60g).

Avec une telle composition, le profilé constitué du seul matériau présente à 20°C, sous une section de référence de 15mm de largeur et de 3 mm d'épaisseur, une raideur linéique réelle équivalente égale à 400 MPa et un facteur de perte équivalent égal à 0,3.

Selon encore une autre variante de composition le matériau amortissant est un pré-polymère polyuréthane dont le pourcentage de NCO est compris entre 0,5 et 2%, le matériau comportant :

- au moins un polyetherpolyol de fonctionnalité égale à deux, présentant un indice iOH compris entre 25 et 35, une température de transition Tg inférieure à -50°C, de masse moléculaire comprise entre 3500 et 4500;
  - au moins un polyetherpolyol de fonctionnalité comprise entre 2,3 et 4, présentant un indice iOH compris entre 25 et 800, une température de transition Tg inférieure à -50°C;
  - au moins un polyesterpolyol de fonctionnalité égale à deux, présentant un indice iOH compris entre 20 et 40, une température de transition Tg comprise entre -40 et -20°C;
  - au moins un polyesterpolyol de fonctionnalité égale à deux, présentant un indice iOH compris entre 30 et 90, une température de transition Tg comprise entre 0 et 30°C et un point de ramollissement compris entre 50 et 70°C;
  - au moins un isocyanate de fonctionnalité comprise entre 2,1 et 2,7 de type diphénylméthanediisocyanate (MDI) et un pourcentage de NCO compris entre 11 et 33%;
  - au moins un catalyseur;
  - éventuellement une charge de type tamis moléculaire;
- éventuellement une charge de type craie, kaolin, talc, alumine, noir de carbone, ou graphite.

Le profilé présente à 20°C avec une telle composition, sous une section de référence de 15mm de largeur et de 3 mm d'épaisseur, une raideur linéique réelle équivalente égale à 120 MPa et un facteur de perte équivalent égal à 0,75.

Selon encore une autre caractéristique de l'invention, le profilé est appliqué sur l'un au moins des éléments par un procédé d'extrusion, et/ou d'encapsulation, et/ou de transfert à partir d'un moulage, et/ou de moulage par injection.

Enfin, le profilé peut présenter une section uniforme ou non sur toute ou partie de sa longueur.

Le profilé est donc intercalé entre deux éléments qui peuvent être du type métal-métal, verre-verre, métal-plastique, verre-plastique, ou plastique-plastique.

A titre d'exemple, le profilé peut être intercalé entre un substrat verrier et un élément métallique de façon à être utilisé pour fixer le substrat à l'élément métallique. En particulier dans son utilisation dans un vitrage de véhicule automobile lorsqu'il est disposé entre le vitrage et la carrosserie, le profilé engendre pour le vitrage des performances d'amortissement acoustique améliorées, et spécialement par rapport aux bruits d'origine solidienne, c'est-à-dire pour des basses fréquences, de l'ordre de 50 à 300 Hz. Les inventeurs ont pu également constater que les performances pouvaient même être atteintes pour les bruits de 300 à 1000 Hz, dits bruits sales, en particulier pour des vitrages feuilletés.

Enfin, les inventeurs ont mis en évidence que ce profilé peut aussi réaliser un amortissement acoustique des bruits aérodynamiques, c'est-à-dire pour des fréquences supérieures à 1000 Hz, toutefois lorsque le vitrage est plus particulièrement monolithique, c'est-à-dire constitué d'une seule feuille de verre.

Le profilé de l'invention peut donc être utilisé pour un vitrage, en particulier de véhicule automobile. Le vitrage peut être constitué d'un verre monolithique, d'un verre feuilleté ou d'un verre feuilleté dit « acoustique », c'est-à-dire incorporant un film de matière plastique ayant des propriétés acoustiques.

Enfin, l'invention définit une méthode d'évaluation des propriétés d'amortissement acoustique d'un profilé destiné à être intercalé entre deux éléments constitué d'au moins un matériau amortissant  $i$ , caractérisée en ce qu'elle consiste à évaluer la raideur linéique réelle équivalente  $K'_{eq}$  du profilé et le facteur de perte équivalent  $\tan\delta_{eq}$ , le profilé présentant des propriétés d'amortissement acoustique lorsque la raideur linéique réelle équivalente est au moins égale à 25 MPa et le facteur de perte équivalent est au moins égal à 0,25.

L'évaluation de la raideur linéique réelle équivalente  $K'_{eq}$  du profilé et du facteur de perte équivalent  $\tan\delta_{eq}$  est réalisée à l'aide d'un viscoanalyseur telle qu'expliquée plus haut.

D'autres avantages et caractéristiques de l'invention apparaîtront dans la suite de la description en regard des dessins annexés sur lesquels :

- les figures 1a à 1c représentent des vues en coupe partielle de deux éléments associés au moyen d'un profilé selon trois variantes d'un premier mode de réalisation du profilé de l'invention ;
- les figures 2a à 2d illustrent des vues en coupe partielle de deux éléments associés au moyen d'un profilé selon des variantes d'un second mode de réalisation du profilé, le profilé étant constitué d'un empilement de matériaux;
- les figures 3a à 3d illustrent des vues en coupe partielle de deux éléments associés au moyen d'un profilé selon des variantes d'un second mode de réalisation du profilé, le profilé étant constitué d'une juxtaposition de matériaux;
- les figures 4a à 4d illustrent des vues en coupe partielle de deux éléments associés au moyen d'un profilé selon des variantes d'un second mode de réalisation du profilé, le profilé étant constitué d'une combinaison d'empilement(s) et de juxtaposition(s) de matériaux;
- la figure 5 représente schématiquement les étapes pour l'association de deux éléments au moyen du profilé selon le premier mode de réalisation;
- la figure 6 représente une vue de profil d'une variante de forme d'un profilé solidaire d'un des éléments à associer;
- la figure 7 représente schématiquement les étapes pour l'association de deux éléments au moyen du profilé selon le second mode de réalisation;
- les figures 8a à 8f illustrent en coupe ou de profil d'autres variantes de forme de profilé solidaire d'un des éléments à associer;
- la figure 9 représente schématiquement les étapes pour l'association de deux éléments au moyen du profilé selon la variante de la figure 8a;
- les figures 10a et 10b illustrent deux variantes de coextrusion de deux matériaux amortissants rendus solidaires de l'un des éléments à associer;
- les figures 11a et 11b représentent schématiquement les étapes pour l'association de deux éléments au moyen du profilé selon respectivement deux variantes de type de la figure 4d;
- la figure 12 représente l'amortissement modal sur le premier mode de flexion obtenu sur un substrat verrier muni du profilé, selon des valeurs de la raideur linéique réelle équivalente  $K'_{eq}$  et du facteur de perte équivalent  $\tan\delta_{eq}$ ;

- la figure 13 représente des courbes du bruit mesuré en fonction du régime moteur d'un véhicule automobile pour trois types de profilé.

Ces figures sont schématiques et ne respectent pas les proportions relatives aux différentes grandeurs, notamment épaisseurs et largeurs, entre les différents éléments de l'invention, ceci afin d'en faciliter la lecture.

La figure 1a est une vue en coupe fragmentaire d'un vitrage 1 associé à un élément porteur 2 tel qu'une carrosserie de véhicule automobile. Le vitrage constitué d'au moins un substrat verrier, est fixé à la carrosserie à l'aide d'un profilé 3 à propriété d'amortissement acoustique.

Par conséquent, le profilé 3 associé et intercalé entre deux éléments 1 et 2 que sont, pris ici à titre d'exemple, respectivement la carrosserie et le vitrage, joue, outre son rôle d'amortissement de vibrations selon l'invention, le rôle de dispositif de fixation des deux éléments en assurant une fonction d'étanchéité pour préserver l'habitacle du véhicule des agressions environnementales telles que les poussières, l'humidité, l'eau. Toutefois, dans une autre application, le profilé pourrait n'être intercalé entre les deux éléments que pour remplir uniquement son rôle d'amortissement sans jouer un rôle de solidarisation pour les deux éléments. Par exemple, le profilé peut être fixé sur un premier élément tel qu'un cadre de porte d'une pièce à l'intérieur d'un bâtiment et est associé à un second élément tel que la porte lorsque celle-ci est fermée; le profilé, en subissant une contrainte des surfaces de la porte et du cadre suffisante pour absorber l'énergie excitatrice du cadre, permet de diminuer le rayonnement acoustique à l'intérieur du volume fermé par ladite porte.

Nous verrons dans la suite de la description la constitution du profilé 3. Le profilé peut être agrémenté de formes fonctionnelles qui ne sont pas spécifiquement acoustiques comme des lèvres d'étanchéité ou d'esthétique.

La propriété d'amortissement acoustique du profilé est définie par les paramètres que sont la raideur linéique équivalente et le facteur de perte.

Le profilé peut être constitué d'un unique matériau ou bien d'une pluralité de matériaux, et dans ce dernier cas, il faut tenir compte de la raideur linéique de chaque matériau. C'est pourquoi on parlera de raideur linéique équivalente, notée  $K^*_{eq}$  qui correspond donc à la raideur équivalente pour l'ensemble du profilé et dite linéique car elle est rapportée à 1 m de profilé.

De manière connue, la raideur linéique équivalente  $K_{eq}^*$  est un nombre complexe s'écrivant  $K_{eq}^* = K'_{eq} + j K''_{eq}$  avec la partie réelle  $K'_{eq}$ , qu'on nomme dans la description la raideur linéique réelle équivalente, et la partie imaginaire  $K''_{eq}$  qui correspond au pouvoir de dissipation, c'est-à-dire à la transformation de l'énergie de déformation du profilé en énergie calorifique dans l'ensemble du profilé.

$K_{eq}^*$  peut s'écrire selon la formule suivante, du fait que le profilé peut comprendre plusieurs matériaux:

$$[K_{eq}^*]^{\alpha} = \sum [K_i^*]^{\alpha} \quad (1) \quad \text{avec}$$

$K_i^*$  : raideur linéique complexe de chaque matériau  $i$  constituant le profilé,

$\alpha = -1$  pour un empilement de plusieurs matériaux  $i$  disposés en série, c'est-à-dire selon une disposition dite à empilement dans la suite de la description,

$\alpha = 1$  pour une juxtaposition de plusieurs matériaux  $i$  en parallèle, c'est-à-dire selon une disposition dite à juxtaposition dans la suite de la description.

Pour une combinaison d'un empilement et d'une juxtaposition, on calculera la raideur linéique équivalente de l'empilement et celle de la juxtaposition, et le profilé sera alors ramené à un empilement seul ou à une juxtaposition seule tel que  $\alpha = -1$  ou respectivement  $\alpha = 1$ .

Ceci donne par exemple pour deux matériaux en série :

$$\frac{1}{K_{eq}^*} = \frac{1}{K_1^*} + \frac{1}{K_2^*} \text{ soit } \frac{1}{(K'_{eq} + jK''_{eq})} = \frac{1}{(K'_1 + jK''_1)} + \frac{1}{(K'_2 + jK''_2)}$$

d'où :

$$K'_{eq} = \frac{[K_1'^2 K_2'^2 + K_1''^2 K_2''^2 + K_1' K_2'^2 + K_1'' K_2''^2]}{[(K_1' + K_2')^2 + (K_1'' + K_2'')^2]} \text{ et}$$

$$K''_{eq} = \frac{[K_1'^2 K_2''^2 + K_1''^2 K_2'^2 + K_1' K_2''^2 + K_1'' K_2'^2]}{[(K_1' + K_2')^2 + (K_1'' + K_2'')^2]}$$

pour deux matériaux en parallèle, on retrouve :

$$K'_{eq} = K'_1 + K'_2 \text{ et } K''_{eq} = K''_1 + K''_2$$

Des exemples de dispositions à empilement et/ou à juxtaposition d'un nombre de matériaux  $i$  seront décrits plus loin, en référence aux figures 1a, à 1c, 2a à 2d, 3a à 3d et 4a à 4d.

Par ailleurs, la raideur linéique dépend de la rigidité du ou des matériaux constituant le profilé mais également des grandeurs dimensionnelles de la section de chaque matériau constituant le profilé.

Aussi, la raideur linéique  $K_i^*$  pour un matériau donné dans l'équation (1) s'écrit, en étant rapportée à une longueur de profilé de 1 m et à une section rectangulaire de largeur  $L_i$  et d'épaisseur  $e_i$ , et en s'appuyant sur le principe que le profilé subit des contraintes en traction compression uniformes sur la largeur (le cisaillement n'étant pas considéré) :

$$K_i^* = E_i^* \times \frac{L_i}{e_i} \quad (2)$$

avec  $E_i^*$  le module d'Young complexe du matériau  $i$  constituant le profilé.

En décomposant en parties réelle et imaginaire, l'équation (2) s'écrit encore :

$$K_i^* = K_i' + jK_i'' = E_i' \times \frac{L_i}{e_i} + jE_i'' \times \frac{L_i}{e_i}$$

avec  $E_i'$ , la partie réelle du module d'Young complexe et nommée dans la description module d'Young,

et  $E_i''$ , la partie imaginaire du module d'Young complexe.

On rappelle que selon l'invention, l'un des paramètres caractérisant les propriétés acoustiques du profilé est la raideur linéique réelle équivalente  $K_{eq}'$ , c'est-à-dire la partie réelle du nombre complexe  $K_{eq}^*$ . L'estimation de  $K_{eq}'$  peut être réalisée par calcul comme il vient d'être expliqué après estimation par une mesure du module d'Young  $E_i'$  de chaque matériau, mesure faite à l'aide d'un viscoanalyseur. L'estimation de  $K_{eq}'$  par une mesure à l'aide d'un viscoanalyseur pourra être faite pour valider les calculs.

Néanmoins, ces calculs sont adaptés lorsque la forme du profilé est rectangulaire. Pour toute autre forme, on effectuera en fait une mesure de cette grandeur à l'aide du viscoanalyseur.

Pour le choix des matériaux à utiliser afin de constituer le profilé lorsque ces matériaux ne sont pas de forme simple rectangulaire, il sera fait des calculs d'approximation en établissant une approximation de la section réelle de chaque matériau à une section rectangulaire pour laquelle le profilé subit les efforts de traction-compression. Si les calculs sont favorables à ce choix de matériaux car répondant aux critères revendiqués que nous allons exposer ci-après, ces calculs seront à valider par la mesure à l'aide du viscoanalyseur.

Selon l'invention, afin que le profilé 3 réalise sa fonction d'amortissement acoustique, il doit présenter une raideur linéique réelle équivalente  $K'_{eq}$  au moins égale à 25 MPa. De préférence, la raideur linéique réelle équivalente  $K'_{eq}$  est comprise entre 30 et 250 MPa.

De plus, comme nous l'avons écrit plus haut, intervient dans les performances d'amortissement acoustique du profilé le facteur de perte équivalent (ou tangente de l'angle de perte équivalent)  $\tan\delta_{eq}$  qui est défini par la relation :

$$\tan\delta_{eq} = \frac{K''_{eq}}{K'_{eq}} \quad (3)$$

où  $K'_{eq}$  est la raideur linéique réelle équivalente (partie réelle de  $K^*_{eq}$ ) pour l'ensemble du profilé et  $K''_{eq}$  est le pouvoir de dissipation (partie imaginaire de  $K^*_{eq}$ ).

De manière similaire à l'estimation de la raideur linéique réelle équivalente, le facteur de perte sera estimé par calcul grâce à l'équation (3), les équations (1) et (2) servant à calculer  $K'_{eq}$  et  $K''_{eq}$ ,  $K'_{eq}$  et  $K''_{eq}$  étant estimés par calcul grâce à la mesure par le visco-analyseur de la partie réelle et respectivement de la partie imaginaire du module d'Young complexe de chaque matériau constituant le profilé. La mesure de l'ensemble du profilé grâce au viscoanalyseur servira à valider les calculs, en particulier lorsqu'il s'agira de choisir des matériaux de section quelconque non rectangulaire.

Dans tous les cas, pour s'assurer que le profilé répond au critère revendiqué que nous allons exposer ci-après concernant ce facteur de perte, une mesure au viscoanalyseur de la raideur réelle linéique équivalente et un calcul du facteur de perte sera effectuée.

Selon l'invention, le profilé 3 présente une propriété d'amortissement acoustique lorsque le facteur de perte équivalent  $\tan\delta_{eq}$  du profilé est au moins égal à 0,25.

Le facteur de perte équivalent et la raideur linéique réelle équivalente dépendent non seulement de la nature chimique du ou des matériaux du profilé mais également de la géométrie donnée à la section du profilé. Aussi, lorsqu'un profilé répond aux critères revendiqués selon l'invention du facteur de perte équivalent et de la raideur linéique équivalente, il est possible d'optimiser ces paramètres en les modifiant afin d'augmenter encore davantage les performances acoustiques.

La modification de ces paramètres est réalisée en changeant les dimensions de la section du profilé. Par exemple, si le profilé est constitué d'un seul matériau et présente une section rectangulaire, on augmente alors sa raideur linéique réelle équivalente en diminuant l'épaisseur  $e$  du profilé et en augmentant sa largeur  $L$ .

Le profilé 3 peut être constitué structurellement de différentes manières.

Selon un premier mode de réalisation illustré sur les figures 1a à 1c, le profilé 3 est constitué d'au moins un matériau amortissant 4 qui assure la fonction d'amortissement acoustique et en outre, la fonction de solidarisation des deux éléments et éventuellement la fonction d'étanchéité selon le type d'utilisation à laquelle le profilé est destiné. Dans l'exemple considéré de vitrage pour véhicule automobile, le profilé assure de préférence la fonction également d'étanchéité. Cette configuration de profilé comprenant un ou plusieurs matériaux amortissants qui réalisent également une fonction de collage pour la solidarisation des deux éléments sera appelée dans la suite de la description profilé monolithique.

Selon ce premier mode de réalisation, une première variante (figure 1a) consiste à réaliser le profilé en un unique matériau qui répond aux critères énoncés pour le facteur de perte équivalent et la raideur linéique réelle équivalente et qui présente les propriétés de collage avec les deux éléments 1 et 2, et si nécessaire des propriétés d'étanchéité.

Une seconde variante du premier mode de réalisation consiste à réaliser le profilé 3 en deux matériaux amortissants 4a et 4b qui répondent aux critères de l'invention. Ces matériaux, tout en pouvant être plus ou moins amortissants l'un par rapport à l'autre, engendrent par leur association une raideur linéique réelle équivalente et un facteur de perte équivalent répondant aux critères d'amortissement. Ils sont disposés en strates les uns au-dessus des autres (figure 1b), ou bien sont juxtaposés les uns à côté des autres (figures 1c) et séparés éventuellement par un espace d'air (non illustré). Les matériaux présentent tous deux des propriétés de collage avec au moins l'un des deux éléments auxquels ils sont associés.

Il est également possible d'envisager plus de deux matériaux amortissants pris en combinaison selon une juxtaposition et/ou empilement (non illustré).

Des exemples de matériaux pouvant être utilisés pour un profilé monolithique seront cités dans la suite de la description.

Selon un second mode de réalisation illustré sur les figures 2a à 2d, 3a à 3d, et 4a à 4d le profilé 3 est constitué d'au moins un matériau amortissant 4 et d'un matériau de collage 5 non amortissant. Le matériau 4 assure la fonction d'amortissement acoustique et est rendu solidaire d'au moins un des deux éléments 1 et 2 à associer, tandis que le matériau de collage 5 assure la fonction de solidarisation des deux éléments 1 et 2 en étant rendu solidaire d'au moins un des deux éléments 1 et 2. Les matériaux 4 et 5 sont chimiquement compatibles pour garantir si nécessaire, selon la variante de réalisation, leur adhésion mutuelle. Les matériaux 4 et 5 peuvent présenter des propriétés d'étanchéité selon l'utilisation du profilé.

Dans ce second mode de réalisation, le matériau de collage 5 non amortissant ne sert qu'à la solidarisation des deux éléments 1 et 2 et présente en outre des propriétés d'étanchéité. Il n'a aucune propriété d'amortissement acoustique à lui seul. Toutefois, il est nécessaire de lui donner une épaisseur et une largeur bien appropriées, car il présente un module d'Young  $E_1$  et un facteur de perte  $\tan\delta$  qui influent sur la raideur linéique réelle équivalente et le facteur de perte équivalent de l'ensemble du profilé 3 et donc sur la propriété d'amortissement acoustique de l'ensemble du profilé 3.

Selon ce second mode de réalisation, la disposition des matériaux entre les deux éléments peut varier.

Elle peut être du type à empilement (figures 2a à 2d), c'est-à-dire que les matériaux sont disposés en strates les uns au-dessus des autres, chacun des matériaux aux extrémités de l'empilement étant rendu solidaire d'un des deux éléments 1 et 2 à associer.

Elle peut être du type à juxtaposition (figures 3a à 3d), c'est-à-dire que les matériaux sont accolés ou non les uns aux autres, chacun des matériaux ayant deux surfaces opposées rendues solidaires respectivement des deux éléments 1 et 2 à associer.

Un troisième type de variante du second mode de réalisation est une disposition selon une combinaison d'un empilement et d'une juxtaposition (figures 4a à 4d), au moins un ou deux matériaux constituant en partie cette combinaison étant rendus solidaires des deux éléments 1 et 2 à associer.

Les figures 2a à 2d illustrent donc différentes variantes de disposition à empilement.

L'empilement des figures 2a et 2b consiste en un matériau 4 à propriété d'amortissement acoustique et en un matériau non amortissant 5 de collage du profilé à l'un des éléments. Pour la figure 2a le matériau 4 est solidaire de l'élément 1, le substrat verrier, et le matériau de collage 5 adhère par l'une de ses faces 50 au matériau amortissant 4 et adhère par sa face opposée 51 à l'élément 2, la carrosserie ; tandis que pour la figure 2b les matériaux 4 et 5 sont respectivement solidaires de la carrosserie et du substrat verrier. Les strates de matériaux sont de largeur identique  $L1$ , et chacune présente une épaisseur  $e1$ ,  $e2$  qui est adaptée selon la nature du matériau et donc selon le facteur de perte de chaque matériau de façon à optimiser la raideur linéique réelle équivalente et/ou le facteur de perte équivalent du profilé.

Les figures 2c et 2d correspondent à un empilement de trois matériaux, deux matériaux 40 et 41 constituent le matériau amortissant 4 et le troisième matériau constitue le matériau de collage 5. Les strates de matériaux sont de largeur identique pour la figure 2c, et de largeur différente pour la figure 2d, l'épaisseur de chacune des strates étant étudiée pour optimiser la raideur linéique réelle équivalente et/ou le facteur de perte équivalent du profilé 3.

Les figures 3a à 3d illustrent différentes variantes de disposition à juxtaposition.

Pour la figure 3a, la juxtaposition selon deux matériaux consiste à accoler un matériau amortissant 4 à un matériau de collage 5, tous deux de même épaisseur et rendus solidaires par deux de leurs faces opposées, 50 et 51 pour le matériau de collage, avec les deux éléments 1 et 2 que sont le substrat verrier et la carrosserie. Leurs largeurs  $L1$  et  $L2$  sont définies pour optimiser le calcul de la raideur linéique réelle équivalente et/ ou du facteur de perte équivalent.

La figure 3b représente la figure 3a avec l'inversion des matériaux 4 et 5, le matériau de collage non amortissant étant disposé du côté de l'habitacle du véhicule.

La figure 3c reproduit la figure 3a mis à part que les matériaux ne sont pas accolés mais séparés par un espace d'air 6.

La figure 3d est représentative d'une juxtaposition de trois matériaux accolés, un matériau non amortissant 5 de collage pris en sandwich entre deux matériaux amortissants 42 et 43 constituant le matériau amortissant 4. Les matériaux 42 et 43 peuvent ou non être distincts.

En fonction de l'épaisseur donnée aux différents matériaux placés selon une juxtaposition, la largeur de chacun des matériaux amortissants 4 (donc aussi 42 et 43) et de collage 5 est étudiée pour garantir la raideur linéique réelle équivalente et le facteur de perte équivalent de l'ensemble des matériaux, donc du profilé 3, suffisante à l'amortissement acoustique souhaité.

Les figures 4a à 4d sont une combinaison de dispositions à empilement et à juxtaposition, au moins le matériau de collage étant rendu solidaire par deux faces opposées aux éléments 1 et 2 à associer.

La figure 4a est une juxtaposition du matériau de collage 5 et du matériau amortissant 4, ce dernier étant constitué d'un empilement de matériaux 44 et 45 distincts et plus ou moins amortissants l'un par rapport à l'autre.

La figure 4b reproduit la figure 4a hormis que les matériaux de collage 5 et d'amortissement 4 (44, 45) sont séparés par un espace d'air 6.

La figure 4c illustre une juxtaposition de plusieurs matériaux accolés, le matériau de collage 5 étant pris en sandwich entre des matériaux amortissants 4 qui sont constitués par deux empilements d'au moins deux matériaux distincts 46, 47, les empilements pouvant être différents l'un de l'autre.

La figure 4d illustre une juxtaposition de trois matériaux accolés, le matériau de collage 5 et deux matériaux amortissants 4 distincts ou non. Le matériau de collage 5 est pris en sandwich entre les deux matériaux amortissants 4 et présente l'une de ses faces 51 qui s'étend selon la largeur L du profilé et est rendue solidaire de l'un des éléments 2 de sorte que les matériaux 4 sont empilés selon une épaisseur  $e_1$  et sur une épaisseur  $e_2$  du matériau 5. La face opposée 50 du matériau de collage 5 est rendue solidaire de l'autre élément 1 et présente une largeur L2, tandis que les matériaux 4 sont disposés contre ledit élément 1 selon des largeurs L1 et L3.

Dans le second mode de réalisation pour lequel le matériau non amortissant 5 de collage est distinct du matériau amortissant 4, le matériau 5 de collage qui est également utilisé pour la fonction d'étanchéité est par exemple un mastic polyuréthane tel que du Gurit Betaseal 1720 commercialisé par la société Dow Automotive. Il assure pour l'exemple donné le scellement du vitrage à la carrosserie et l'étanchéité aux gaz, poussières, vapeurs d'eau et eau liquide ou solvants.

Les inventeurs ont déterminé plusieurs matières plastiques pouvant apporter les propriétés d'amortissement requises pour le matériau amortissant 4 du premier mode de réalisation ou du second mode de réalisation décliné suivant les variantes référencées 40 à 47.

On peut citer à titre d'exemple :

- du polychlorure de vinyle plastifié ou non,
- des élastomères thermoplastiques,
- des polyuréthanes mono ou bicomposants, modifiés ou non par un élastomère tel que des polyoléfines, de l'EPDM (éthylène-propylène-diène), ou du caoutchouc, notamment du caoutchouc butyle, ou nitrile, ou encore styrène-butadiène,
- des copolymères polyacrylates ou polyméthacrylates d'alkyles,
- des résines époxydes.

Les compositions citées ci-dessus peuvent renfermer en outre des charges organiques ou minérales, telles que du talc, de la silice, du carbonate de calcium, du kaolin, de l'alumine, du tamis moléculaire, du noir de carbone, du graphite, de la silice pyrogénée, des charges métalliques telles que de l'oxyde de zinc, de l'oxyde de titane, de l'alumine ou de la magnétite. Le taux de charge peut varier entre 0 et 50% en poids de la composition finale.

Concernant les élastomères thermoplastiques (TPE), ils consistent en des mélanges de polymères ou en des copolymères séquencés manifestant une phase thermoplastique et une phase d'élastomère éventuellement liées chimiquement entre elles dans le cas de copolymère.

Concernant les polyuréthanes, on peut considérer des uréthanes thermoplastiques (TPU) qui existent par exemple sous forme d'un polymère non réactif, obtenu à partir de plusieurs sources de polyol, dont au moins une forme est une séquence à propriétés thermoplastiques et au moins une autre forme est une séquence à propriétés élastiques.

Il est également possible de choisir un matériau à base de polyuréthane avec une grande variété de compositions réactives, du type mono- ou bi-composant. A titre d'exemple on peut citer notamment des compositions mono-composant à base de prépolymère de polyuréthane à squelette polyester, polyéther, polycaprolactone, polyoléfine, polysiloxane. L'avantage d'un prépolymère à terminaisons siloxane est qu'il durcit à l'humidité sans mousser.

Ces compositions de polyuréthane peuvent être modifiées par un élastomère notamment du caoutchouc nitrile, ou du SBR, ou du butyle, ou bien par un élastomère thermoplastique ou encore par un polymère présentant une certaine flexibilité non réticulable tel que des polyoléfines ou du PVC plastifié.

Parmi les compositions de prépolymère polyuréthane monocomposants réticulant avec l'humidité et/ou la température, ils sont obtenus par réaction entre des polyols et des diisocyanates polymériques ou non.

Les polyols des compositions pourront être des polyetherpolyol de type polyethylene, propylene oxide, polytetramethylene oxyde, polycarbonate polyol ou polybutadienepolyol, des polyesterpolyols, amorphes ou cristallins, aromatiques ou aliphatiques, basés sur des dimères d'acide gras, des diacides aromatiques ou aliphatiques, de l'huile de ricin, des allongeurs de chaînes de type 1,3 ou 1,4 butane diol, diisopropyl glycol, 2,2-diméthyl-1,3-propane diol, hexanediol, carbitol. La masse moléculaire de ces polyols sera définie par leur indice d'hydroxyle (iOH) défini selon la norme ASTM E 222-94 comme le nombre de milligrammes d'hydroxyde de potassium équivalent au contenu en hydroxyle de 1 gramme de polyol. La gamme de NOH utilisée est comprise entre 5 et 1500. La fonctionnalité de ces polyols sera comprise entre 2 et 6.

Les isocyanates pourront être aromatiques ou aliphatiques, parmi lesquels des diphenylméthanediiisocyanates (MDI), des toluènediiisocyanates (TDI), des isophoronediiisocyanates (IPDI), de l'hexanediisocyanate (HDI). La nature des isocyanates est définie également par leur pourcentage NCO qui, selon la norme ASTM D 5155-96, est définie comme la part pondérale de groupes fonctionnels isocyanates (NCO) présente dans le produit. La fonctionnalité des produits est comprise entre 2 et 2,7.

Les catalyseurs nécessaires à la réaction entre les polyols et les isocyanates peuvent être des catalyseurs à l'étain tels que le dilauryl de dibutyl étain (DBTDL), l'octoate d'étain. On peut utiliser aussi des catalyseurs au bismuth, ou des catalyseurs basés sur les morpholines tel que le dimorpholinodiéthylether (DMDEE).

Pour éviter le moussage du prépolymère choisi, on peut ajouter un additif antimoussage qui est un composé basé sur des bis-oxazolidines. Enfin, différents plastifiants peuvent également être avantageusement ajoutés au prépolymère choisi.

D'une manière générale, l'application du profilé 3 entre les éléments 1 et 2 se fait de la manière suivante (figure 5) : le profilé 3 est déposé sur l'élément 1 par une technique d'application que nous développons dans la suite de la description. Selon la nature chimique de la surface libre du profilé à associer à l'élément 2, cette surface est soit collée de manière conventionnelle car présentant des propriétés de collage à température ambiante, ou bien cette surface libre est activée à l'aide d'une source d'énergie 7 de type infra-rouge, ultra-violet, haute fréquence, micro-onde ou encore induction, et lorsque la surface atteint une température adéquate, le profilé associé au premier élément 1, tel que le substrat, est appliqué par pression contre le second élément 2, tel que la carrosserie, pour solidarisation. La quantité d'énergie et l'épaisseur du ou des matériaux activés sont calibrés pour obtenir la largeur et l'épaisseur finale souhaitée entre les deux éléments 1 et 2.

L'application du profilé 3 contre le premier élément peut se faire de différentes façons. La technique employée pourra dépendre de la nature du ou des matériaux et de la disposition à empilement et/ou à juxtaposition des matériaux.

Au moins quatre techniques de dépôt du profilé calibré peuvent être utilisées seules ou en combinaison : l'extrusion, le surmoulage (encapsulation) et le transfert à partir d'un moulage. Quant au procédé de transfert, on se référera pour plus de détails à la demande de brevet français FR 01/15039.

La technique par extrusion garantit une géométrie constante au profilé. Avantageusement, la forme donnée au profilé peut faciliter sa fixation avec l'élément auquel il est associé pour garantir la géométrie souhaitée. Les matériaux amortissants utilisés doivent présenter des viscosités comprises entre 100 et 500 Pa.s à 80°C, les matériaux figeant en dessous de 50°C. Les matériaux auront donc un greenstrength et une thixotropie suffisants pour conserver leur géométrie après extrusion. Ils seront de préférence de type monocomposant et assureront un bon collage avec le premier élément lui étant associé, tel que le substrat verrier dans l'exemple cité.

Selon la seconde technique, le profilé peut être surmoulé sur l'un des éléments pour avantagement lui donner toutes les formes souhaitées et ainsi optimiser la performance acoustique en garantissant les dimensions du profilé en tout point du vitrage car il peut être nécessaire que la largeur et l'épaisseur du

profilé ne soient pas uniformes sur la totalité du pourtour de l'élément auquel il est associé pour les besoins de la performance acoustique (figure 6). La viscosité des matériaux utilisés ne devra pas dépasser une certaine limite et la prise d'un produit bi-composant devra être rapide.

Selon la troisième technique, le profilé peut être également moulé et transféré sur un des éléments pour conserver les avantages du moulage et diminuer les coûts de réalisation des moules. Cette technique combine les avantages de l'extrusion et du surmoulage car elle permet de créer plusieurs strates de matériaux de formes variées tel qu'illustré sur la figure 2d. Comme pour l'extrusion, un greenstrength et une viscosité minimaux des matériaux sont requis pour les matériaux monocomposants réticulant à l'humidité. Le temps de prise pourra être rapide si des systèmes de type monocomposant et réticulant avec la température sont employés. Les systèmes bi-composants sont quant à eux à prise rapide.

Enfin, une technique de moulage par injection est également envisageable. Il s'agit de placer l'élément auquel il convient d'associer le matériau dans un moule comportant une cavité correspondant aux formes du profilé que l'on veut réaliser et l'on injecte dans le moule la matière de moulage constituée par le matériau amortissant à l'état fondu.

Parmi les exemples de techniques utilisées, on distingue ci-après l'association des deux éléments selon le premier mode de réalisation du profilé, c'est-à-dire en tant que profilé monolithique, et selon le second mode de réalisation, à savoir lorsque le profilé comprend au moins deux matériaux 4 et 5 correspondant respectivement au matériau amortissant et au matériau non amortissant de collage.

Pour un profilé monolithique 3, son application contre le substrat verrier 1 se fait par l'une au choix des quatre techniques.

Pour une extrusion contre l'élément 1 avec donc un seul matériau amortissant 4 qui assure également la fonction de solidarisation avec l'élément, les inventeurs ont mis au point un matériau A répondant aux critères de l'invention et dont la surface est activable pour être solidarisée avec l'élément 2. Il s'agit d'un polyuréthane monocomposant réticulant à l'humidité présentant une seule température de transition vitreuse  $T_g$  et comprenant:

- au moins un polyesterpolyol de fonctionnalité égale à deux (de préférence entre 80 et 200g), présentant un indice iOH compris entre 5 et 10, une température de transition Tg inférieure ou égale à -50°C et un point de ramollissement compris entre 50 et 80°C,

- au moins un polyesterpolyol de fonctionnalité égale à deux (de préférence entre 120g et 220g), présentant un indice iOH compris entre 50 et 100, une température de transition Tg inférieure ou égale à -50°C,

- au moins un isocyanate de fonctionnalité comprise entre 2,1 et 2,7 de type diphénylméthanediisocyanate (MDI) et présentant un pourcentage de NCO compris entre 11 et 33% (de préférence entre 180 et 220g),

- au moins un catalyseur (de préférence entre 0,5 et 3g),

- éventuellement une charge de type tamis moléculaire (de préférence entre 20 et 60g),

- éventuellement au moins une charge de type craie, kaolin, talc, alumine, noir de carbone, ou graphite (de préférence entre 5 et 60g).

Le pourcentage de NCO de ce prépolymère polyuréthane A est compris entre 0,5 et 2%.

Pour un tel matériau A utilisé afin de constituer un profilé de section rectangulaire égale à la section de référence  $L \times e = 15\text{mm} \times 3\text{mm}$ , la valeur du module d'Young E' mesuré à 120 Hz et à une température ambiante de 20°C est de 80 MPa. Le facteur de perte équivalent qui est constitué du facteur de perte du seul matériau est alors égal à 0,3 et la raideur linéique réelle équivalente est égale à 400 MPa.

Pour l'application d'un profilé 3 constitué d'au moins deux matériaux 4 et 5 selon le second mode de réalisation, il est possible de coextruder les deux matériaux sur le substrat verrier 1. Après cette première étape, la solidarisation est effectuée en chauffant la surface libre du profilé et en l'appliquant contre la carrosserie (figure 7), ou bien en appliquant directement la surface libre contre la carrosserie selon la nature des matériaux.

En variante, il est possible de surmouler ou transférer après moulage sur le substrat verrier le matériau amortissant 4 en lui donnant la forme souhaitée (figures 8a à 8f). Le matériau de collage 5 est ensuite déposé par extrusion sur la surface libre du matériau amortissant 4 (figure 9). On peut ainsi donner au matériau amortissant un profil particulier avec par exemple des rebords 48

(figures 8a, 8b, 8c) qui servent à guider le matériau de collage et à définir les épaisseur et/ou largeur dudit matériau de collage lors de son dépôt, ou bien par exemple avec des saillies centrales 49 (figures 8d, 8e, 8f) qui permettent de calibrer l'épaisseur du matériau de collage. Pour la solidarisation, la surface du matériau de collage 5 déposée sur le matériau amortissant 4 est chauffée si nécessaire et le profilé est rapporté contre la carrosserie (figure 9).

Dans le cas où le profilé 3 est constitué d'un matériau de collage 5 et de deux matériaux amortissants de type à empilement 40 et 41, les deux matériaux amortissants peuvent être coextrudés sur le substrat verrier 1 comme illustré par les deux variantes des figures 10a et 10b. Le dépôt du matériau de collage 5 sur la surface du matériau amortissant libre et opposée au substrat et la solidarisation sont ensuite effectués comme illustré sur la figure 9.

Les figures 11a et 11b montrent les étapes de solidarisation de l'élément 1 à l'élément 2 au moyen de deux variantes respectives d'un profilé de type celui illustré sur la figure 4d. Le matériau 4 est d'abord moulé et transféré sur l'élément 1. Il présente une géométrie particulière, en particulier est séparé en deux parties 400 et 401 de façon à former un canal d'accueil 402 pour le logement du matériau de collage 5 lors de la solidarisation. Le matériau de collage 5 présente en final deux faces opposées solidaires respectivement des deux éléments 1 et 2.

Un exemple de profilé, comprenant au moins un matériau amortissant 4 et un matériau de collage 5, est constitué d'un matériau B en tant que matériau amortissant 4 et d'un mastic de collage 5 tel que du mastic polyuréthane non amortissant. Chacun des matériaux présente une section rectangulaire de 15mm de largeur et de 3 mm d'épaisseur, ce qui représente une section totale égale à la section de référence pour le profilé de 15 mm de largeur et de 6 mm d'épaisseur.

Le matériau B de composition mise au point par les inventeurs est de type polyuréthane monocomposant réticulant à l'humidité, présentant une seule température de transition vitreuse et comprenant:

- au moins un polyesterpolyol de fonctionnalité égale à deux (de préférence entre 350 et 450 g), présentant un nombre OH compris entre 20 et 40, une température de transition Tg comprise entre -40 et -20°C,
- au moins un polyesterpolyol de fonctionnalité égale à deux, présentant un nombre OH compris entre 30 et 90 (de préférence entre 35 et 250 g), une

température de transition  $T_g$  comprise entre 0 et 30°C et un point de ramollissement compris entre 50 et 70°C;

- au moins un isocyanate de fonctionnalité comprise entre 2,1 et 2,7 de type diphenylméthanediiisocyanate (MDI) et un pourcentage de NCO comprise entre 11 et 33%, (de préférence entre 150 et 230 g);
- au moins un catalyseur (de préférence entre 0,5 et 3 g);
- éventuellement une charge de type tamis moléculaire (de préférence entre 20 et 80 g);

éventuellement au moins une charge de type craie, kaolin, talc, alumine, noir de carbone, ou graphite (de préférence entre 5 et 60 g).

Le pourcentage de NCO de ce prépolymère polyuréthane B est compris entre 0,5 et 2%.

Les valeurs du module d'Young et du facteur de perte pour le matériau B amortissant sont les suivantes à une température ambiante de 20°C :  $E' = 35$  MPa et  $\tan\delta = 1,4$ .

Les valeurs du module d'Young et du facteur de perte pour le matériau non amortissant 5 de collage en mastic polyuréthane sont les suivantes à 120Hz et à une température ambiante de 20°C :  $E' = 21$  MPa et  $\tan\delta = 0,2$ .

Les valeurs de la raideur linéique réelle équivalente et du facteur de perte équivalent sont respectivement égales à 70 MPa et 0,95.

Les inventeurs ont également mis au point un autre matériau C amortissant et présentant des propriétés de collage, en particulier avec une résistance à l'adhésion à basse température (entre -60 et -10°C). Ce matériau contrairement aux matériaux A et B présentent deux températures de transition vitreuse. Il s'agit d'un pré-polymère polyuréthane comportant :

- au moins un polyetherpolyol de fonctionnalité égale à deux, présentant un indice iOH compris entre 25 et 35, une température de transition  $T_g$  inférieure à -50°C, de masse moléculaire comprise entre 3500 et 4500;
- au moins un polyetherpolyol de fonctionnalité comprise entre 2,3 et 4, présentant un indice iOH compris entre 25 et 800, une température de transition  $T_g$  inférieure à -50°C;
- au moins un polyesterpolyol de fonctionnalité égale à deux, présentant un indice iOH compris entre 20 et 40, une température de transition  $T_g$  comprise entre -40 et -20°C;

- au moins un polyesterpolyol de fonctionnalité égale à deux, présentant un indice iOH compris entre 30 et 90, une température de transition Tg comprise entre 0 et 30°C et un point de ramollissement compris entre 50 et 70°C;
- au moins un isocyanate de fonctionnalité comprise entre 2,1 et 2,7 de type diphénylméthanediisocyanate (MDI) et un pourcentage de NCO compris entre 11 et 33%;
- au moins un catalyseur;
- éventuellement une charge de type tamis moléculaire;
- éventuellement une charge de type craie, kaolin, talc, alumine, noir de carbone, ou graphite.

Le pourcentage de NCO de ce prépolymère polyuréthane est compris entre 0,5 et 2%.

En particulier, on peut décrire comme mélange conforme à la composition C ci-dessus, le % NCO étant entre 1,8 et 2,2%, et comportant:

- entre 180 et 220 g d'un polyetherpolyol de fonctionnalité égale à deux, présentant un indice iOH compris entre 25 et 35, une température de transition Tg inférieure à -50°C, de masse moléculaire comprise entre 3500 et 4500
  - entre 75 et 115 g d'un isocyanate de type MDI ,de % NCO égal à 11,9%
  - entre 5 et 30 g de noir de carbone;
  - entre 0,5 et 3 g de catalyseur
  - entre 10 et 30 g de silice pyrogénée
  - entre 135 et 180g d'un polyester polyol A, liquide et amorphe d'indice iOH compris entre 27 et 34, de masse moléculaire égale à 3500, de fonctionnalité égale à deux et de température de transition Tg égale à -30°C;
  - entre 35 et 85g d'un polyester polyol B liquide et amorphe d'indice iOH compris entre 27 et 34, de masse moléculaire égale à 3500, de fonctionnalité égale à deux, et de température de transition Tg égale respectivement à +20°C;
  - entre 55 et 110 g d'un isocyanate de type MDI ,de % NCO égal à 11,9%,
- entre 20 et 80 g de tamis moléculaire.

Pour un tel matériau C utilisé afin de constituer un profilé de section rectangulaire égale à la section de référence  $L \times e = 15\text{mm} \times 3\text{mm}$ , la valeur du module d'Young  $E'$  mesuré à 120 Hz et 20°C est de 22 MPa. Le facteur de perte équivalent qui est constitué du facteur de perte du seul matériau est égal à  $\tan\delta=0,75$  et la raideur linéique réelle équivalente est égale à 120 MPa.

Ce matériau C présentant deux températures de transition vitreuse pourra aussi bien être utilisé à basse température car il présentera non seulement une propriété d'amortissement acoustique mais aussi une résistance à l'adhésion. En effet, à -40°C, le facteur de perte est égal 0,38 et la valeur du module d'Young est de 900 MPa, les inventeurs attribuant la propriété de résistance de collage, c'est-à-dire lorsqu'il n'y a pas risque de rupture d'adhésion avec l'élément avec lequel est associé le matériau, telle que la rigidité du matériau  $E'$  est inférieure à 2000 MPa pour une fréquence comprise entre 50 et 500 Hz.

Les inventeurs ont donc réussi à sélectionner des compositions de matériau amortissant qui répondent aux critères de la raideur linéique réelle équivalente et du facteur de perte équivalent énoncés par l'invention. Pour vérifier si le ou les matériaux à utiliser dans un profilé à propriété d'amortissement acoustique et la forme de la section du ou de ces matériaux répondent aux critères fournis par l'invention, les inventeurs ont élaboré une méthode d'évaluation.

Il convient lorsque l'on considère des sections rectangulaires de matériaux :

- de mesurer le module d'Young  $E_i'$  et le pouvoir de dissipation  $E_i''$  du ou des matériaux destinés à être utilisés pour le profilé,
- d'évaluer la raideur linéique réelle équivalente  $K'_{eq}$  et le facteur de perte équivalent  $\tan\delta_{eq}$  à partir des équations (1), (2) et (3) citées plus haut,
- enfin de comparer ces valeurs de  $K'_{eq}$  et de  $\tan\delta_{eq}$  du profilé aux valeurs de référence, respectivement 25 MPa et 0,25, au-dessus desquelles la performance acoustique est atteinte.

On pourra optimiser les valeurs de ces paramètres et donc réaliser une meilleure atténuation des bruits en jouant sur les épaisseurs et largeurs des matériaux.

Les valeurs du module d'Young  $E_i'$  et du pouvoir de dissipation  $E_i''$  de chaque matériau sont mesurées à l'aide d'un visco-analyseur tel que celui

commercialisé sous la marque METRAVIB dans certaines conditions de mesures qui sont énoncées ci-après :

- sollicitation sinusoïdale,
- éprouvette pour le matériau constituée d'un parallélépipède rectangle de dimensions telles qu'elles rentrent dans les plages définies par le constructeur du viscoanalyseur, par exemple:
  - \* épaisseur  $e = 3 \text{ mm}$
  - \* largeur  $L = 5 \text{ mm}$
  - \* hauteur  $= 10 \text{ mm}$
- amplitude dynamique :  $\pm 5 \cdot 10^{-6} \text{ m}$  autour de la position de repos,
- domaine de fréquence : 5 à 400 Hz
- domaine de température : - 60 à + 60°C.

Le viscoanalyseur permet de soumettre un échantillon de matériau à des sollicitations de déformations dans des conditions précises de température et de fréquence, et ainsi d'obtenir et de traiter l'ensemble des grandeurs rhéologiques caractérisant le matériau.

L'exploitation des données brutes des mesures de force, déplacement et déphasage, en fonction de la fréquence, à différentes températures, permet notamment l'établissement du module d'Young  $E_i'$  et du pouvoir de dissipation  $E_i''$  du matériau.

Pour valider la méthode d'évaluation décrite ci-dessus de recherche de matériaux et de dimensions, et dans tous les cas pour s'assurer qu'un profilé présente les caractéristiques revendiquées par l'invention, on effectuera à l'aide du viscoanalyseur les mesures directes de la raideur réelle équivalente et du pouvoir de dissipation équivalent d'un échantillon de profilé de section identique à celle du profilé et de longueur  $L$ . Il sera ensuite nécessaire d'effectuer les calculs suivants:

- rapport entre la raideur réelle équivalente mesurée et la longueur  $L$  pour obtenir la raideur réelle linéique équivalente  $K'_{eq}$  du profilé :  $K'_{eq} = k'_{eq}/L$  ;
- rapport entre le pouvoir de dissipation équivalent mesuré et la raideur réelle équivalente mesurée pour obtenir le facteur de perte équivalente  $\tan \delta_{eq}$  du profilé :  $\frac{k_{eq}''}{k_{eq}'}$

Enfin, les inventeurs ont choisi d'illustrer la performance acoustique obtenue par le profilé 3 en fonction de la raideur linéique réelle équivalente  $K'_{eq}$  et du facteur de perte équivalent  $\tan\delta_{eq}$  selon le graphe de la figure 12. En abscisse sont données les valeurs du facteur de perte équivalent et en ordonnée sont données les valeurs de la raideur réelle linéique équivalente. En fonction de ces valeurs, le graphe indique l'amortissement modal sur le premier mode de flexion mesuré pour un substrat en verre (800 mm par 500 mm et d'épaisseur 4 mm) collé sur un marbre au moyen du profilé agencé en périphérie et sur une face du substrat, le facteur de perte équivalent  $\tan\delta_{eq}$  pouvant être compris entre 0,15 et 1, et la raideur linéique réelle équivalente ne dépassant pas 400 MPa. Notons que les valeurs des gains données pour  $\tan\delta_{eq}=1$  peuvent être extrapolées à  $\tan\delta_{eq}>1$  pour les mêmes valeurs de la raideur équivalente.

L'amortissement modal est exprimé selon une échelle de 0 à 30%. Plus l'amortissement est grand, plus le gain acoustique en dB est important.

L'amortissement modal sur le premier mode de flexion est défini comme suit. L'amortissement modal est déduit de mesures d'impédance mécanique  $Z$  (module de la fonction de réponse en fréquence donnant la vitesse vibratoire normale au substrat verrier en un point en fonction de l'effort ponctuel injecté en ce même point dans la direction normale audit substrat) réalisées à l'aide d'un marteau d'impact et d'un accéléromètre, au centre du substrat.

La fréquence du premier mode de flexion correspond à la fréquence inférieure à 120 Hz pour laquelle l'impédance mécanique est maximale. Elle est notée  $f_1$ . La valeur de l'impédance mécanique à la fréquence  $f_1$  est notée  $Z_{max}$ .

La largeur de bande à mi-hauteur correspond à la largeur de l'intervalle des fréquences autour de  $f_1$  pour lesquelles  $Z > Z_{max}/\sqrt{2}$ . Elle est notée  $\Delta f$ .

L'amortissement modal du premier mode de flexion correspond au rapport  $\Delta f/f_1$ .

En fonction des valeurs, le graphe montre que les amortissements modaux et donc les performances acoustiques (gain en dB) sont variables pour un même facteur de perte et des raideurs équivalentes différentes, ou inversement.

Ainsi, il est par exemple possible d'obtenir un amortissement modal de près de 30% pour une raideur linéique réelle équivalente de 100MPa et un facteur de perte compris entre 0,5 et 1, tandis que l'amortissement ne dépasse pas 5% si le

facteur de perte n'est que de 0,3 pour une même raideur linéique réelle de 100 MPa.

On voit également que pour un facteur de perte de 0,8 par exemple, une raideur linéique réelle équivalente optimale sera aux environs de 100MPa et que l'augmentation de la raideur linéique réelle équivalente ne fera que diminuer l'amortissement modal pouvant être obtenu.

Ce graphe permet d'indiquer que l'utilisation du matériau A tel qu'explicité plus haut pour un profilé monolithique et présentant une raideur linéique réelle équivalente égale à 400 MPa et un facteur de perte équivalent égal à 0,3 engendre un amortissement modal entre 5 et 10%.

L'utilisation du matériau B associé à du mastic polyuréthane non amortissant pour le profilé pris à titre d'exemple plus haut dans le second mode de réalisation qui présente une raideur linéique réelle équivalente égale à 70 MPa et un facteur de perte équivalent égal à 0,95, engendre un amortissement modal supérieur à 20%.

Par ailleurs, on montre sur la figure 13 trois courbes comparatives du bruit mesuré en fonction du régime moteur à l'intérieur d'un véhicule automobile pour trois types de profilé.

La courbe C1 correspond à un vitrage feuilleté standard équipé d'un profilé standard constitué de mastic polyuréthane non amortissant sous une section de référence de 9 mm par 6 mm.

La courbe C2 correspond à un vitrage standard équipé d'un profilé monolithique selon l'invention constitué du matériau amortissant 4 de composition A sous une section de référence de 15 mm par 3 mm.

La courbe C3 correspond à un vitrage standard équipé d'un profilé selon l'invention constitué du matériau amortissant 4 de composition B et du matériau de collage 5 en mastic polyuréthane non amortissant avec une section de référence de 15 mm par 6 mm.

On entend par vitrage feuilleté standard, un vitrage comportant deux feuilles de verre d'épaisseur 2,1 mm et un film intercalaire de polyvinylbutyral de 0,76 mm d'épaisseur.

On rappelle dans le tableau suivant les valeurs de la raideur linéique réelle équivalente et du facteur de perte équivalent pour les trois types de profilé.

Type de profilé, courbe	Raideur linéique	Facteur de perte
-------------------------	------------------	------------------

(section de référence)	réelle équivalente ( $K'_{eq}$ ) en MPa	équivalent ( $\tan\delta_{eq}$ )
Mastic polyuréthane, courbe C1 (9 mm par 6 mm)	31,5	0,2
Matériau A, courbe C2 (15 mm par 3 mm)	400	0,3
Matériau B et mastic polyuréthane, courbe C3 (15 mm par 6 mm)	70	0,95

Les courbes de la figure 13 mettent en évidence l'amélioration de la réduction du bruit atteinte grâce au profilé de l'invention. Sur cette figure, le bruit exprimé en dB est fonction du régime moteur en tour/mn du véhicule. Le bruit mesuré ici est celui généré dans la gamme de fréquences 50-160 Hz, fréquences correspondant aux bruits d'origine solidienne et correspondant à un régime moteur de 1500 à 5000 tour/mn vis-à-vis du type donné de véhicule automobile pris ici à titre d'exemple.

A noter que les mesures sont indépendantes de la superficie des vitrages.

Les résultats montrent qu'à la fréquence de 110 Hz qui correspond à 3400 tour/mn et à un régime habituel sur autoroute, le bruit mesuré pour le vitrage de la courbe C1 est bien supérieur au bruit mesuré pour le vitrage de la courbe C2 et encore davantage par rapport à celui de la courbe C3, un amortissement du bruit de 4 dB et respectivement de 13 dB est ainsi obtenu grâce au profilé de l'invention selon respectivement l'une des deux variantes, comme on a pu le constater également d'après le graphe de la figure 12.

L'utilisation du profilé de la courbe C2 pourra être préférée car ce dernier présente de bonnes performances d'amortissement à 3400 tour/mn, et présente également de bonnes performances pour un régime supérieur vers 4000 tour/mn, pour lequel on voit que le bruit mesuré est de 82 dB alors que le bruit mesuré pour la courbe C1 avec un profilé standard est de 87dB. Ce résultat est obtenu car la raideur linéique réelle équivalente de ce profilé de l'invention est bien plus importante que celle du profilé standard.

Le profilé de l'invention à propriété d'amortissement acoustique a été décrit à titre d'exemple pour être intercalé entre deux éléments 1 et 2 tels qu'un substrat verrier et une carrosserie de véhicule automobile en vue de les fixer l'un à l'autre, et donc pour une association verre-métal. D'autres applications peuvent être

envisagées pour l'utilisation du profilé d'amortissement acoustique de l'invention, par exemple pour des associations métal-métal, verre-verre, métal-plastique, verre-plastique, plastique-plastique. On entend par plastique, des matériaux plastiques tels que de l'époxy, du polyester, du polycarbonate, du polyméthylméthacrylate (PMMA), de l'acrylonitrile butadiène styrène ou des matériaux composites à base de matière plastique telle que du polypropylène (PP) et de fibres de renforcement telles que des fibres de verre ou des fibres de bois.

Pour une association métal-métal, il s'agit par exemple de pièces métalliques collées sur la carrosserie d'un véhicule. Ainsi, les éléments mécaniques d'ouverture des portes et des fenêtres qui sont habituellement fixés au moyen de boulons, peuvent plutôt être fixés par collage au moyen d'un profilé amortissant de l'invention pour atténuer le rayonnement des bruits vers l'intérieur de l'habitacle du véhicule.

Pour une association verre-plastique, il s'agit par exemple de la fixation d'une lunette arrière de véhicule.

Pour une association plastique-plastique ou plastique-métal, il s'agit par exemple du collage de différents éléments constituant le hayon d'un véhicule automobile, ou encore de l'assemblage par collage d'un toit à base de mousse polyuréthane renforcée avec des fibres de verre sur le corps métallique du véhicule.

**REVENDEICATIONS**

1.Profilé (3) destiné à être intercalé entre deux éléments (1, 2) pour réaliser l'atténuation acoustique des bruits se propageant au travers d'au moins un des éléments , le profilé (3) étant constitué d'au moins un matériau amortissant i à base de matière plastique, caractérisé en ce que le profilé (3) présente une raideur linéique réelle équivalente  $K'_{eq}$  au moins égale à 25 MPa, et un facteur de perte équivalent  $\tan\delta_{eq}$  au moins égal à 0,25.

2.Profilé selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'il présente une raideur linéique réelle équivalente  $K'_{eq}$  comprise entre 30 MPa et 270 MPa et un facteur de perte équivalent  $\tan\delta_{eq}$  au moins égal à 0,4.

3.Profilé selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que le profilé (3) est constitué d'un seul matériau amortissant (4) ou de plusieurs matériaux amortissants (4a, 4b; 40, 41; 42, 43; 44, 45; 46, 47).

4.Profilé selon la revendication 3, caractérisé en ce que le ou les matériaux amortissants présentent des propriétés de collage avec les deux éléments (1, 2).

5.Profilé selon la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce que le profilé (3) est constitué d'au moins un matériau amortissant (4) et d'un matériau non amortissant (5) de collage, le matériau de collage étant destiné à solidariser entre eux les deux éléments (1, 2).

6.Profilé selon la revendication 5, caractérisé en ce que le matériau de collage (5) adhère par deux faces opposées (50, 51) respectivement aux deux éléments (1, 2), le matériau amortissant étant rendu solidaire d'au moins un des deux éléments.

7.Profilé selon la revendication 5, caractérisé en ce que le matériau de collage (5) adhère par l'une de ses faces (50) au matériau amortissant (4) qui est rendu solidaire d'un des éléments (1), et adhère par sa face opposée (51) à l'autre élément (2) à associer.

8.Profilé selon l'une quelconque des revendications 3 à 7, caractérisé en ce que le profilé (3) comporte plusieurs matériaux amortissants (4a, 4b; 40, 41; 44, 45; 46, 47) disposés par empilement selon des strates les unes au-dessus des autres, chacun des matériaux aux extrémités de l'empilement étant rendu solidaire d'un des deux éléments (1, 2) à associer ou du matériau de collage (5).

9.Profilé selon l'une quelconque des revendications 3 à 7, caractérisé en ce que le profilé (3) comporte plusieurs matériaux amortissants (4c, 4d; 42,43)

disposés par juxtaposition les uns à côtés des autres, aboutés ou non, chacun des matériaux ayant deux surfaces opposées rendues solidaires respectivement des deux éléments (1, 2) à associer.

10. Profilé selon les revendications 8 et 9, caractérisé en ce que le profilé (3) comporte plusieurs matériaux amortissants disposés par empilement et juxtaposition, au moins un ou deux matériaux constituant en partie cette combinaison étant rendus solidaires des deux éléments (1, 2) à associer.

11. Profilé selon l'une des revendications 5 à 10, caractérisé en ce que le matériau de collage (5) est disposé par empilement et/ou juxtaposition avec le ou les matériaux amortissants.

12. Profilé selon l'une quelconque des revendications 5 à 11, caractérisé en ce que le ou les matériaux amortissants, entre eux ou avec le matériau de collage (5), sont séparés par un espace d'air (6).

13. Profilé selon l'une quelconque des revendications 5 à 12, caractérisé en ce que le matériau non amortissant (5) de collage est un mastic polyuréthane présentant un module d'Young  $E'$  égal à 21 MPa et un facteur de perte  $\tan\delta$  égal à 0,2.

14. Profilé selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que le ou les matériaux amortissants sont choisis parmi les matières plastiques suivantes, polychlorure de vinyle plastifié ou non, élastomères thermoplastiques, polyuréthanes mono ou bicomposants, modifiés ou non par un élastomère tel que des polyoléfines, de l'EPDM (éthylène-propylène-diène), ou du caoutchouc, notamment du caoutchouc butyle, ou nitrile, ou encore styrène-butadiène, des copolymères polyacrylates ou polyméthacrylates d'alkyles et des résines époxydes.

15. Profilé selon la revendication 15, caractérisé en ce que la matière plastique renferme des charges organiques ou minérales, telles que du talc, de la silice, du carbonate de calcium, du kaolin, de l'alumine, du tamis moléculaire, du noir de carbone, du graphite, de la silice pyrogénée, ou des charges métalliques.

16. Profilé selon la revendication 15, caractérisé en ce que le matériau amortissant est un polyuréthane monocomposant dont le pourcentage de NCO de est compris entre 0,5 et 2% et comprenant

- au moins un polyesterpolyol de fonctionnalité égale à deux (de préférence entre 80 et 200g), présentant un indice iOH compris entre 5 et 10, une

température de transition  $T_g$  inférieure ou égale à  $-50^{\circ}\text{C}$  et un point de ramollissement compris entre  $50$  et  $80^{\circ}\text{C}$ ,

- au moins un polyesterpolyol de fonctionnalité égale à deux (de préférence entre  $120\text{g}$  et  $220\text{g}$ ), présentant un indice  $i\text{OH}$  compris entre  $50$  et  $100$ , une température de transition  $T_g$  inférieure ou égale à  $-50^{\circ}\text{C}$ ,

- au moins un isocyanate de fonctionnalité comprise entre  $2,1$  et  $2,7$  de type diphénylméthanediiisocyanate (MDI) et présentant un pourcentage de NCO compris entre  $11$  et  $33\%$  (de préférence entre  $180$  et  $220\text{g}$ ),

- au moins un catalyseur (de préférence entre  $0,5$  et  $3\text{g}$ ),

- éventuellement une charge de type tamis moléculaire (de préférence entre  $20$  et  $60\text{g}$ ),

- éventuellement au moins une charge de type craie, kaolin, talc, alumine, noir de carbone, ou graphite (de préférence entre  $5$  et  $60\text{g}$ ).

17. Profilé constitué du seul matériau amortissant selon la revendication 17, caractérisé en ce qu'il présente à  $20^{\circ}\text{C}$ , sous une section de référence de  $15\text{mm}$  de largeur et de  $3\text{mm}$  d'épaisseur, une raideur linéique réelle équivalente égale à  $400\text{MPa}$  et un facteur de perte équivalent égal à  $0,3$ .

18. Profilé selon la revendication 15, caractérisé en ce que le matériau amortissant est un polyuréthane monocomposant dont le pourcentage de NCO de est compris entre  $0,5$  et  $2\%$  et comprenant:

- au moins un polyesterpolyol de fonctionnalité égale à deux (de préférence entre  $350$  et  $450\text{g}$ ), présentant un nombre  $\text{OH}$  compris entre  $20$  et  $40$ , une température de transition  $T_g$  comprise entre  $-40$  et  $-20^{\circ}\text{C}$ ,

- au moins un polyesterpolyol de fonctionnalité égale à deux, présentant un nombre  $\text{OH}$  compris entre  $30$  et  $90$  (de préférence entre  $35$  et  $250\text{g}$ ), une température de transition  $T_g$  comprise entre  $0$  et  $30^{\circ}\text{C}$  et un point de ramollissement compris entre  $50$  et  $70^{\circ}\text{C}$ ;

- au moins un isocyanate de fonctionnalité comprise entre  $2,1$  et  $2,7$  de type diphénylméthanediiisocyanate (MDI) et un pourcentage de NCO comprise entre  $11$  et  $33\%$ , (de préférence entre  $150$  et  $230\text{g}$ );

- au moins un catalyseur (de préférence entre  $0,5$  et  $3\text{g}$ );

- éventuellement une charge de type tamis moléculaire (de préférence entre  $20$  et  $80\text{g}$ );

- éventuellement au moins une charge de type craie, kaolin, talc, alumine, noir de carbone, ou graphite (de préférence entre 5 et 60 g).

19. Profilé constitué par empilement du matériau amortissant selon la revendication 19 et d'un matériau non amortissant de collage de type mastic polyuréthane, caractérisé en ce qu'il présente à 20°C, sous une section de 15mm de largeur et de 3 mm d'épaisseur pour chacun des deux matériaux, une raideur linéique réelle équivalente égale à 70 MPa et un facteur de perte équivalent égal à 0,95.

20. Profilé selon la revendication 15, caractérisé en ce que le matériau amortissant est un pré-polymère polyuréthane dont le pourcentage de NCO est compris entre 0,5 et 2%, le matériau comportant :

- au moins un polyetherpolyol de fonctionnalité égale à deux, présentant un indice iOH compris entre 25 et 35, une température de transition Tg inférieure à -50°C, de masse moléculaire comprise entre 3500 et 4500;

- au moins un polyetherpolyol de fonctionnalité comprise entre 2,3 et 4, présentant un indice iOH compris entre 25 et 800, une température de transition Tg inférieure à -50°C;

- au moins un polyesterpolyol de fonctionnalité égale à deux, présentant un indice iOH compris entre 20 et 40, une température de transition Tg comprise entre -40 et -20°C;

- au moins un polyesterpolyol de fonctionnalité égale à deux, présentant un indice iOH compris entre 30 et 90, une température de transition Tg comprise entre 0 et 30°C et un point de ramollissement compris entre 50 et 70°C;

- au moins un isocyanate de fonctionnalité comprise entre 2,1 et 2,7 de type diphénylméthanediisocyanate (MDI) et un pourcentage de NCO compris entre 11 et 33%;

- au moins un catalyseur;

- éventuellement une charge de type tamis moléculaire;

- éventuellement une charge de type craie, kaolin, talc, alumine, noir de carbone, ou graphite.

21. Profilé selon la revendication 20, caractérisé en ce qu'il comporte, le % NCO étant entre 1,8 et 2,2% :

- entre 180 et 220 g d'un polyetherpolyol de fonctionnalité égale à deux, présentant un indice iOH compris entre 25 et 35, une

température de transition  $T_g$  inférieure à  $-50^{\circ}\text{C}$ , de masse moléculaire comprise entre 3500 et 4500

- entre 75 et 115 g d'un isocyanate de type MDI ,de % NCO égal à 11,9%
- entre 5 et 30 g de noir de carbone;
- entre 0,5 et 3 g de catalyseur
- entre 10 et 30 g de silice pyrogénée
- entre 135 et 180g d'un polyester polyol A, liquide et amorphe d'indice iOH compris entre 27 et 34, de masse moléculaire égale à 3500, de fonctionnalité égale à deux et de température de transition  $T_g$  égale à  $-30^{\circ}\text{C}$ ;
- entre 35 et 85g d'un polyester polyol B liquide et amorphe d'indice iOH compris entre 27 et 34, de masse moléculaire égale à 3500, de fonctionnalité égale à deux, et de température de transition  $T_g$  égale respectivement à  $+20^{\circ}\text{C}$ ;
- entre 55 et 110 g d'un isocyanate de type MDI ,de % NCO égal à 11,9%,
- entre 20 et 80 g de tamis moléculaire.

22. Profilé constitué du seul matériau amortissant selon la revendication 20 ou 21, caractérisé en ce qu'il présente à  $20^{\circ}\text{C}$ , sous une section de référence de 15mm de largeur et de 3 mm d'épaisseur, une raideur linéique réelle équivalente égale à 120 MPa et un facteur de perte équivalent égal à 0,75.

23. Profilé selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'il est appliqué sur l'un au moins des éléments par un procédé d'extrusion, et/ou d'encapsulation, et/ou de transfert à partir d'un moulage, et/ou de moulage par injection.

24. Profilé selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que le profilé présente une section uniforme ou non sur toute ou partie de sa longueur.

25. Profilé selon l'une quelconque des revendications 1 à 21, caractérisé en ce qu'il est associé à deux éléments (1, 2) du type métal-métal, verre-verre, métal-plastique, verre-plastique, ou plastique-plastique.

26. Profilé selon la revendication 22, caractérisé en ce qu'il est intercalé entre un substrat verrier et un élément métallique de façon à être utilisé pour fixer le substrat à l'élément métallique.

27. Profilé selon la revendication 23, caractérisé en ce qu'il est utilisé pour fixer un vitrage à la carrosserie d'un véhicule automobile.

28. Profilé selon la revendication 24, caractérisé en ce que le vitrage consiste en un vitrage feuilleté comportant au moins deux feuilles de verre et un film à propriétés acoustiques.

29. Méthode d'évaluation des propriétés d'amortissement acoustique d'un profilé destiné à être intercalé entre deux éléments constitué d'au moins un matériau amortissant  $i$ , caractérisée en ce qu'elle consiste à évaluer la raideur linéique réelle équivalente  $K'_{eq}$  du profilé et le facteur de perte équivalent  $\tan\delta_{eq}$ , le profilé présentant des propriétés d'amortissement acoustique lorsque la raideur linéique réelle équivalente est au moins égale à 25 MPa et le facteur de perte équivalent est au moins égal à 0,25.

30. Méthode selon la revendication 26, caractérisée en ce que l'évaluation de la raideur linéique réelle équivalente  $K'_{eq}$  du profilé et du facteur de perte équivalent  $\tan\delta_{eq}$  comporte des étapes de mesure du module Young  $E'_i$  et du pouvoir de dissipation  $E''_i$  de chaque matériau constitutif  $i$  du profilé, et des étapes de calcul à partir des formules :

$$[K'_{eq}]^r = \sum [K'_i]^r \quad (1)$$

$$K'_{eq} = E'_{eq} \times \frac{L_t}{e_i} \quad (2)$$

$$\tan\delta_{eq} = \frac{K''_{eq}}{K'_{eq}}, \quad (3)$$

avec  $L_t$  et  $e_i$ , respectivement la largeur et l'épaisseur du matériau.

31. Méthode selon la revendication 27, caractérisée en ce que les mesures du module Young  $E'_i$  et du pouvoir de dissipation  $E''_i$  de chaque matériau constitutif  $i$  du profilé sont réalisées au moyen d'un visco-analyseur.

32. Méthode selon la revendication 26, caractérisée en ce qu'on effectue à l'aide du viscoanalyseur les mesures directes de la raideur réelle équivalente  $K'_{eq}$  et du pouvoir de dissipation équivalent  $K''_{eq}$  d'un échantillon de profilé de section identique à celle du profilé et de longueur  $L$  puis on effectue les calculs suivants:

- rapport entre la raideur réelle équivalente mesurée et la longueur L pour obtenir la raideur réelle linéique équivalente  $K'_{eq}$  du profilé :  
 $K'_{eq} = k'_{eq}/L$  ;
- rapport entre le pouvoir de dissipation équivalent mesuré et la raideur réelle équivalente mesurée pour obtenir le facteur de perte équivalente  $\tan\delta_{eq}$  du profilé :  $\frac{k_{eq}''}{k_{eq}'}$

1/11

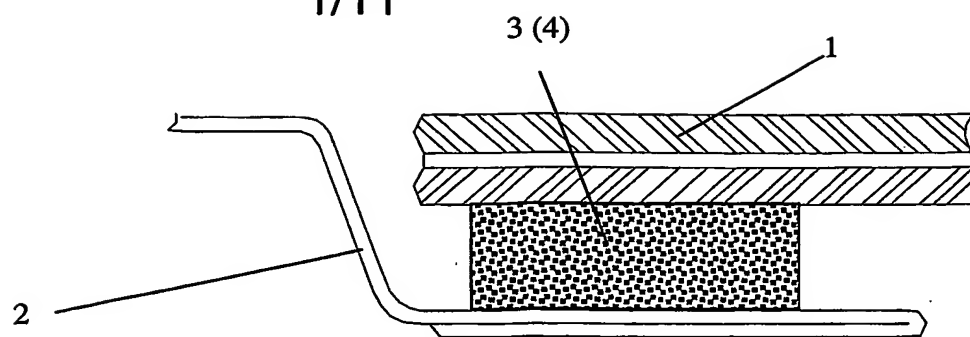


FIG. 1a

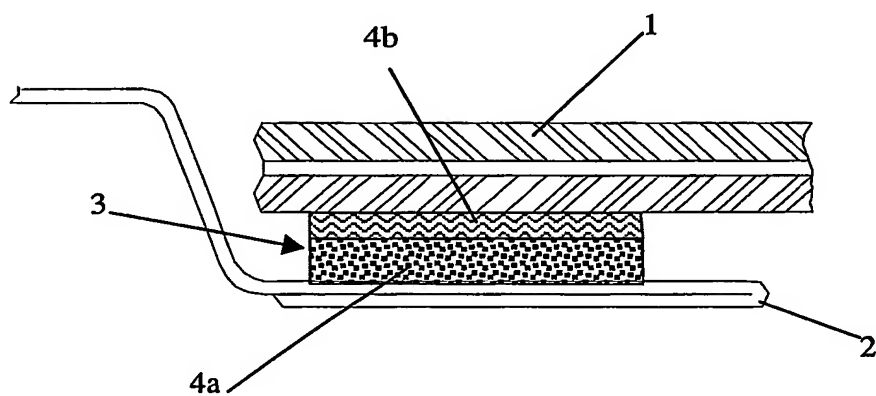


FIG. 1b

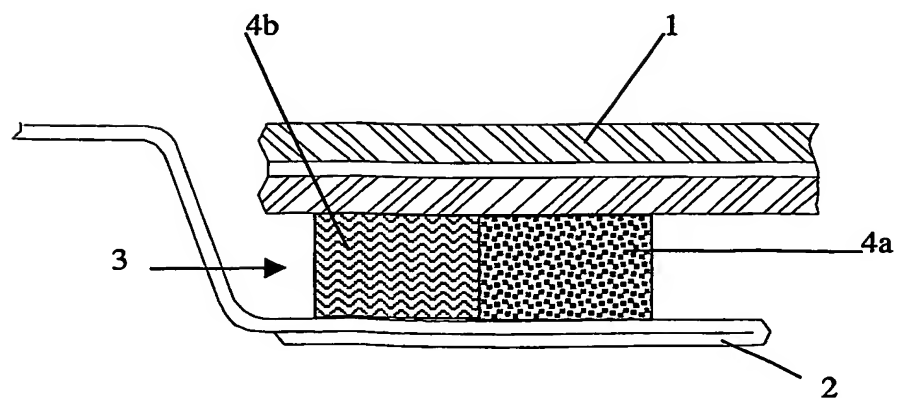


FIG. 1c

2/11

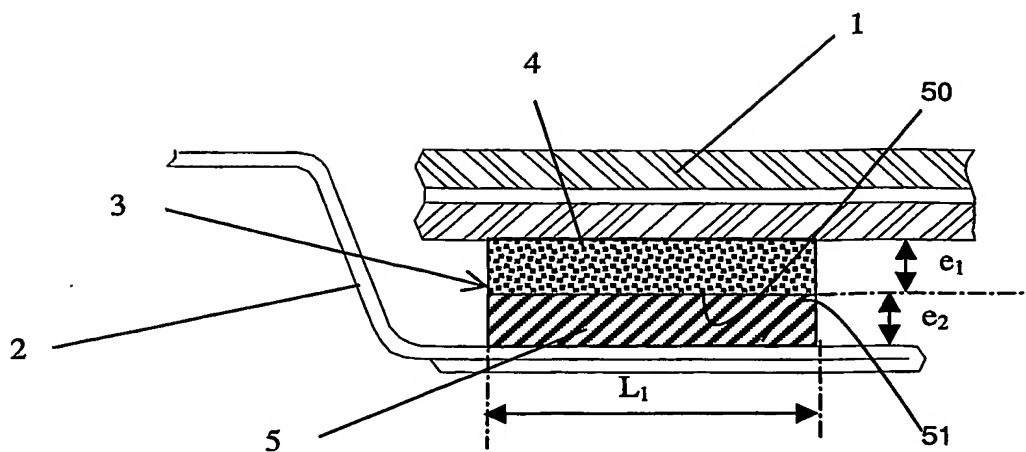


FIG. 2a

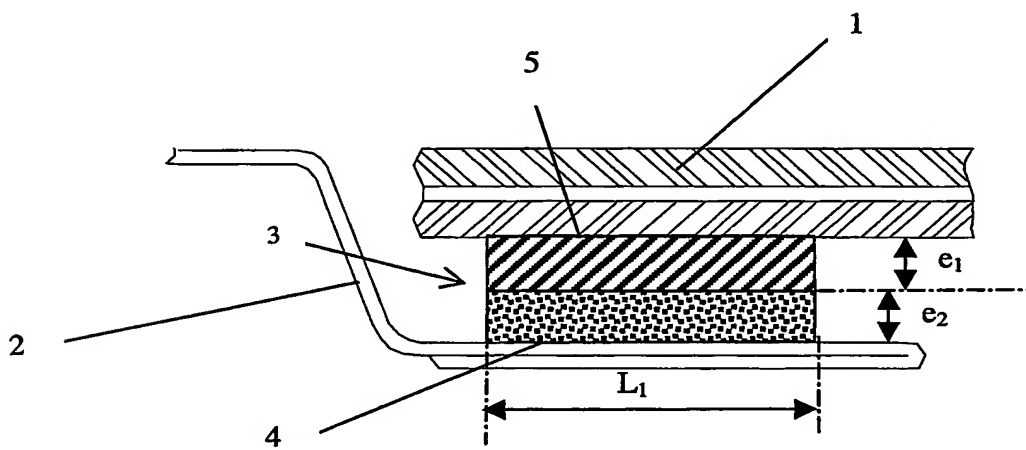


FIG. 2b

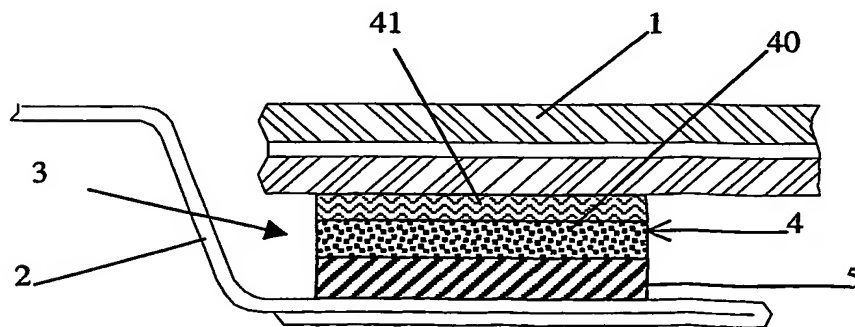


FIG. 2c

3/11

FIG. 2d

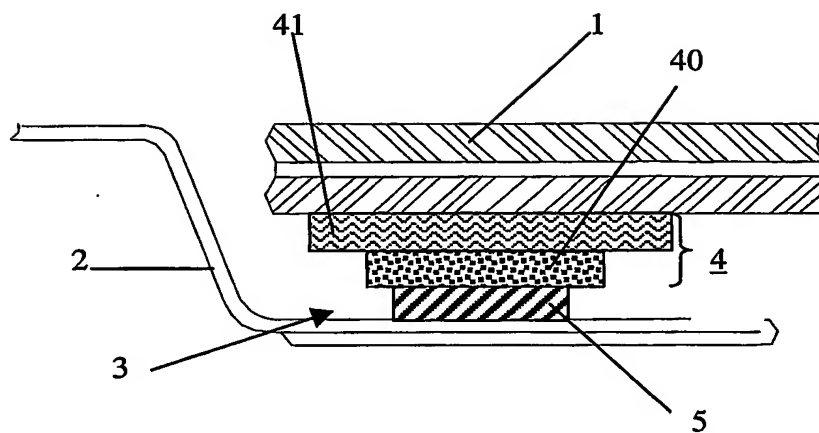


FIG. 3a

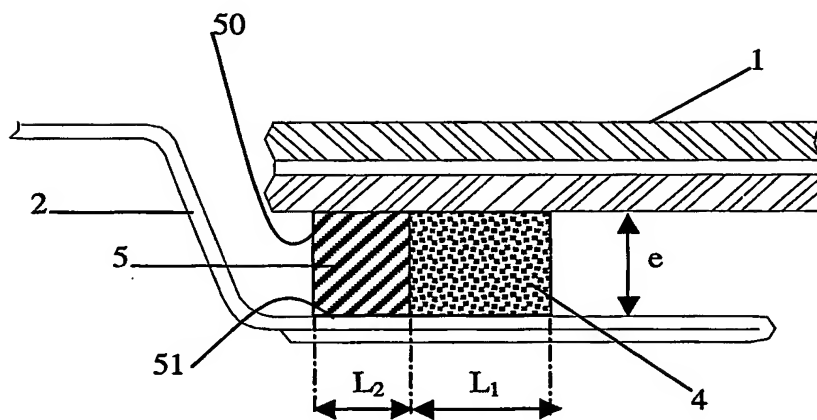
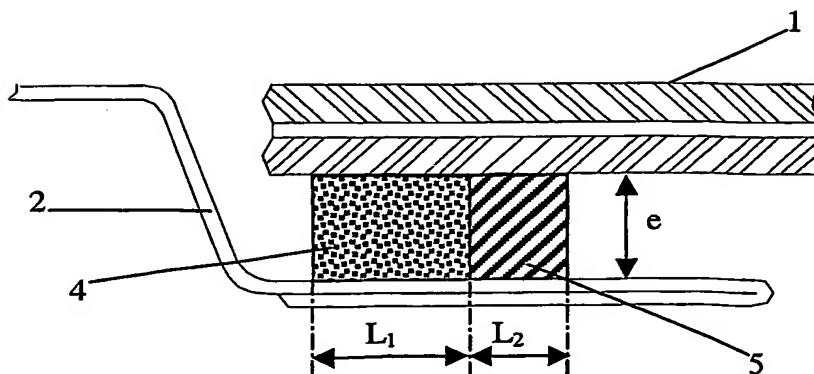


FIG. 3b



4/11

FIG. 3c

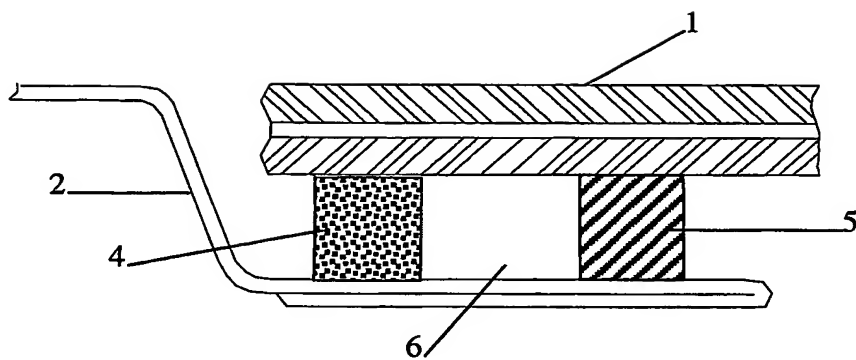


FIG. 3d

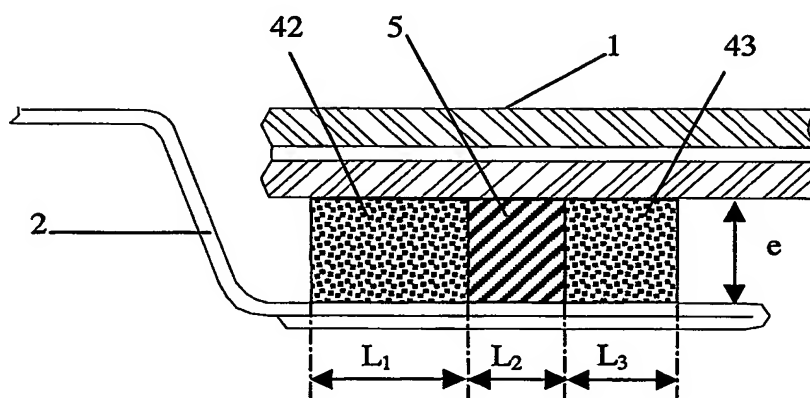
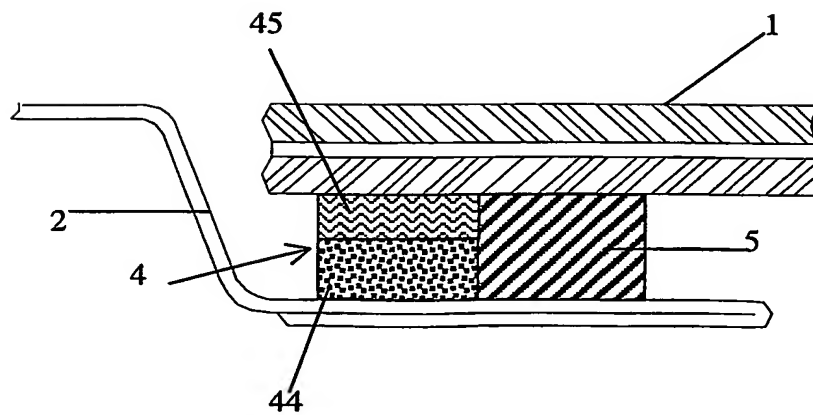


FIG. 4a



5/11

FIG. 4b

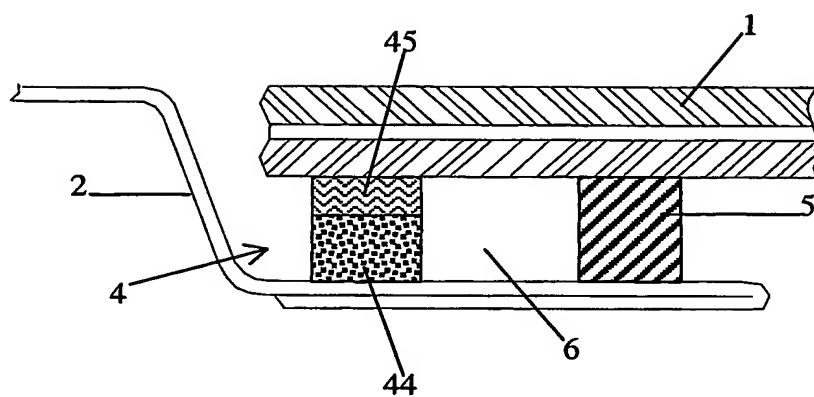


FIG. 4c

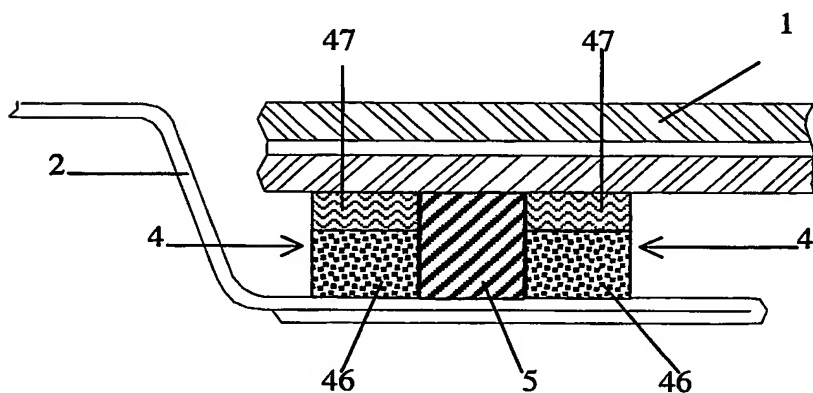
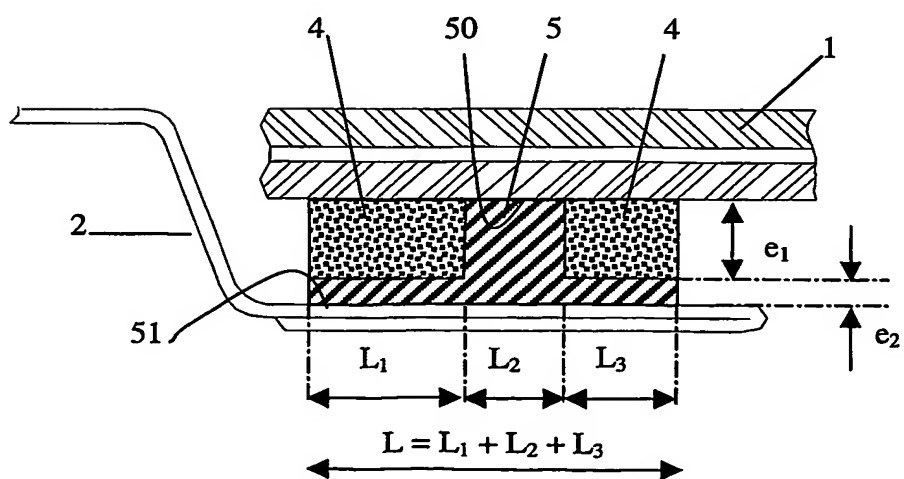


FIG. 4d



6/11

FIG. 5

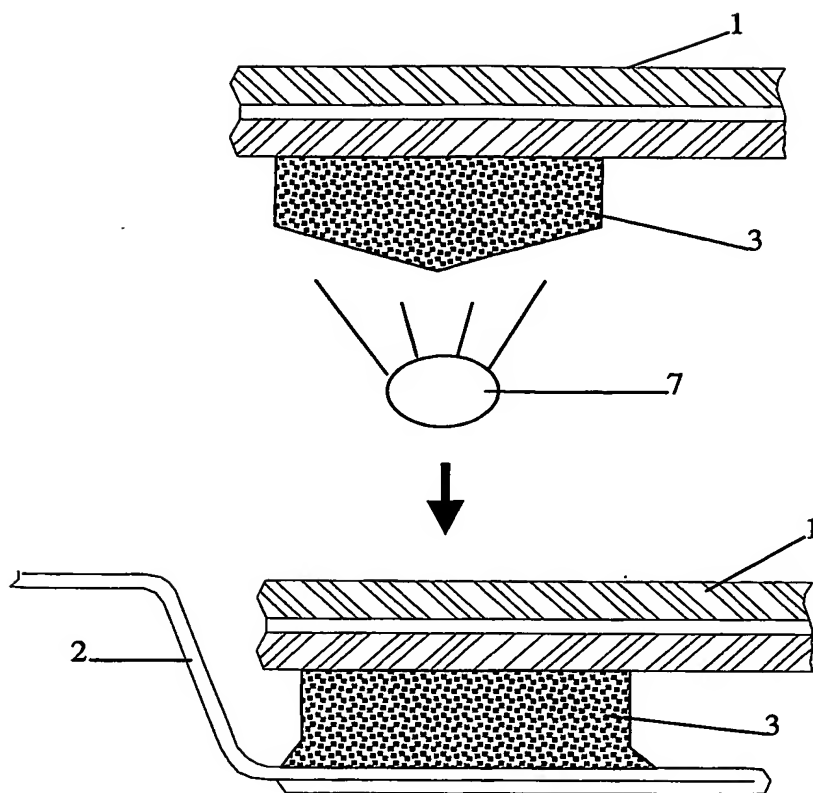
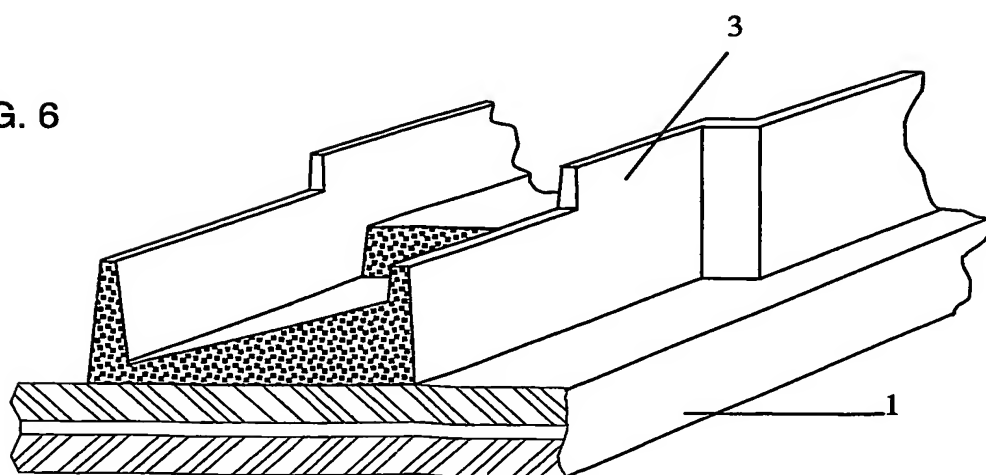
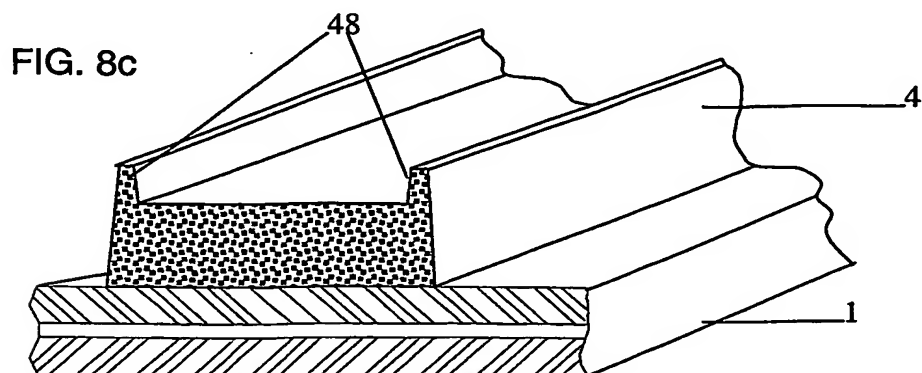
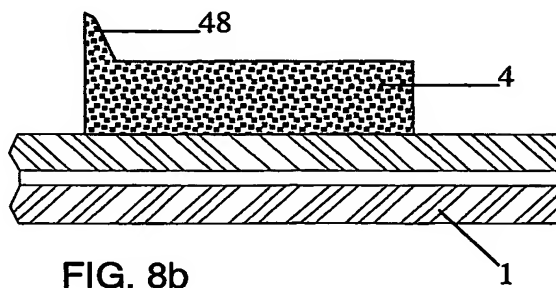
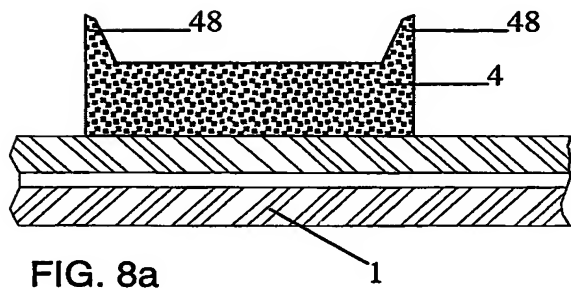
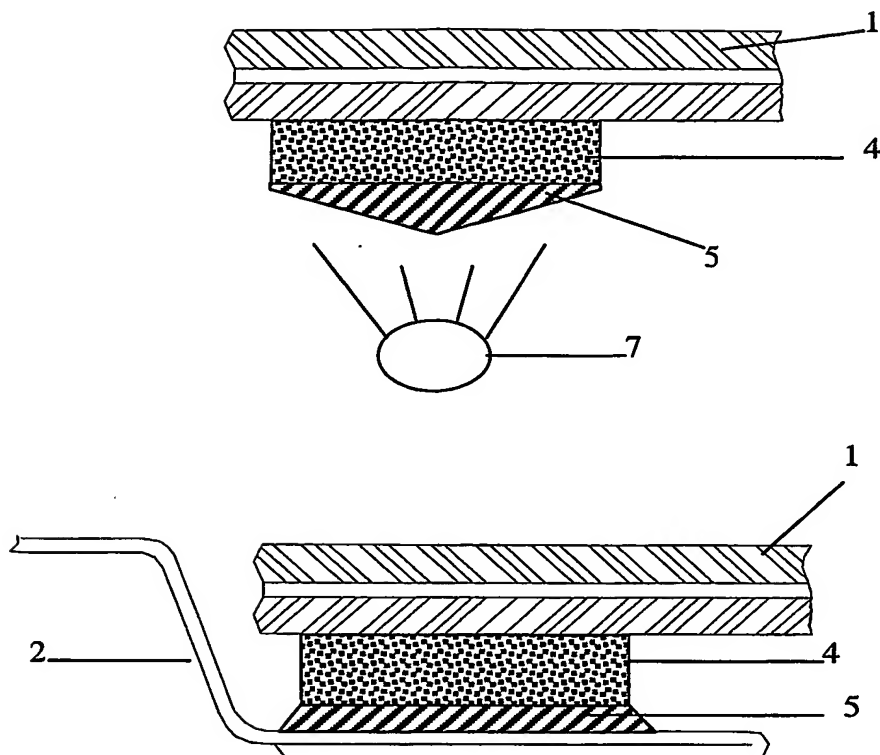


FIG. 6



7/11

FIG. 7



8/11

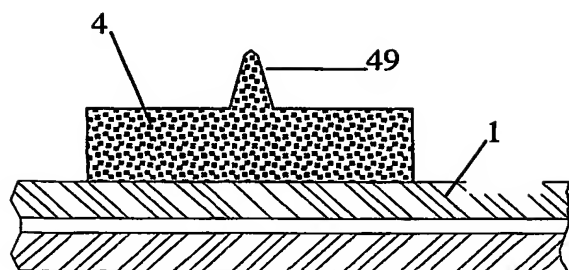


FIG. 8d

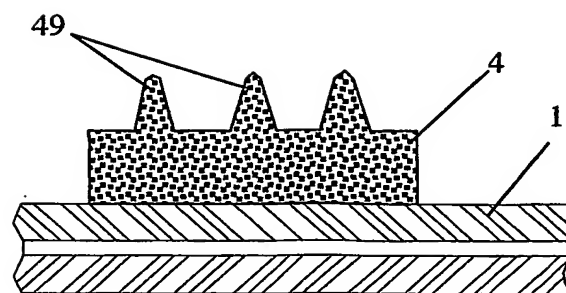


FIG. 8e

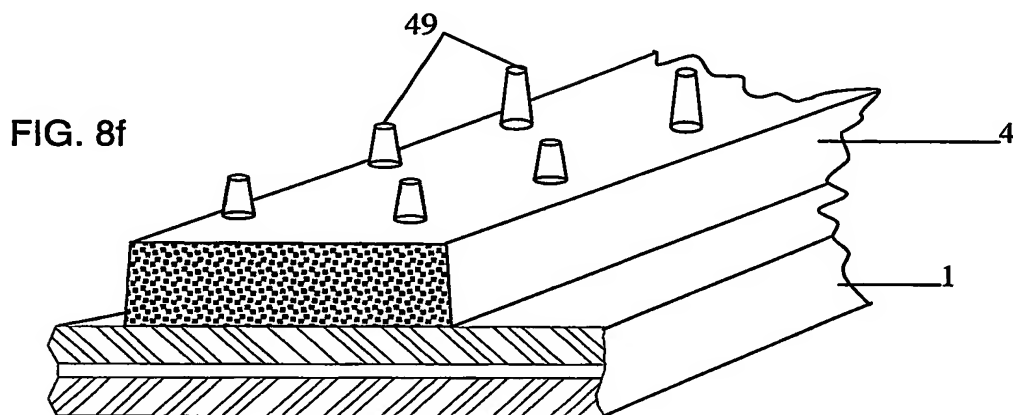


FIG. 8f

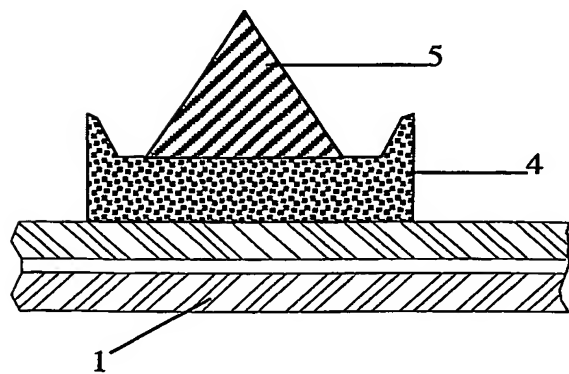
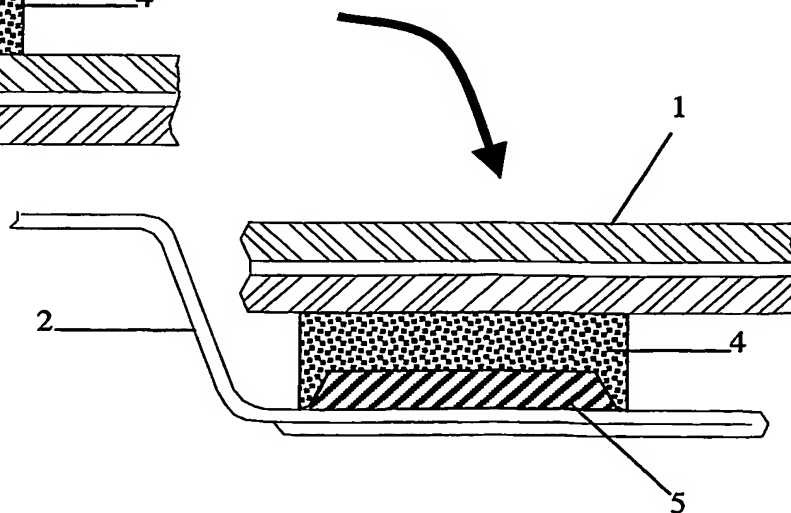


FIG. 9



9/11

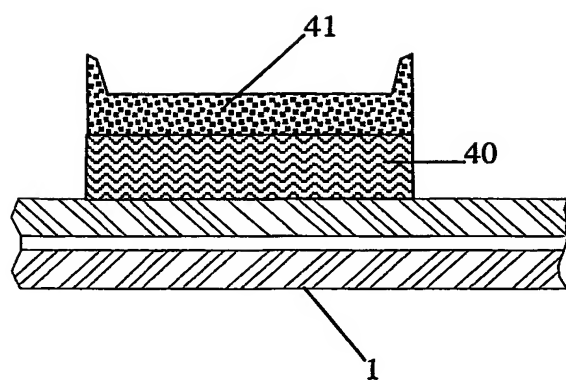


FIG. 10a

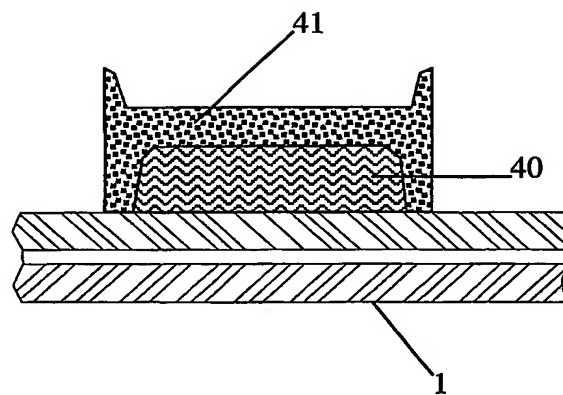


FIG. 10b

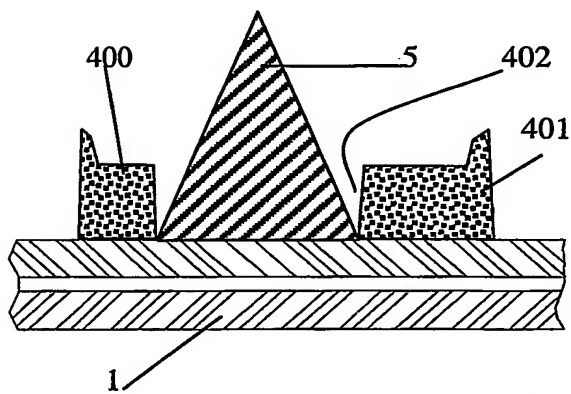
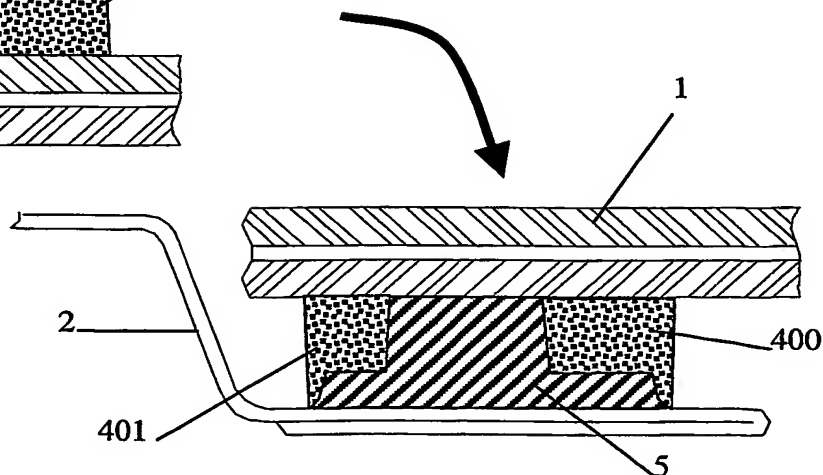


FIG. 11a



10/11

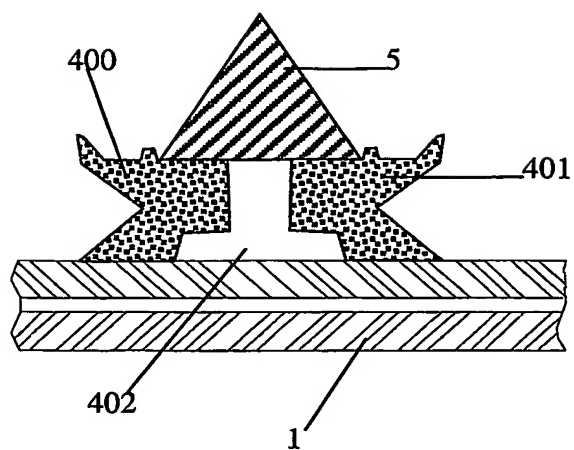
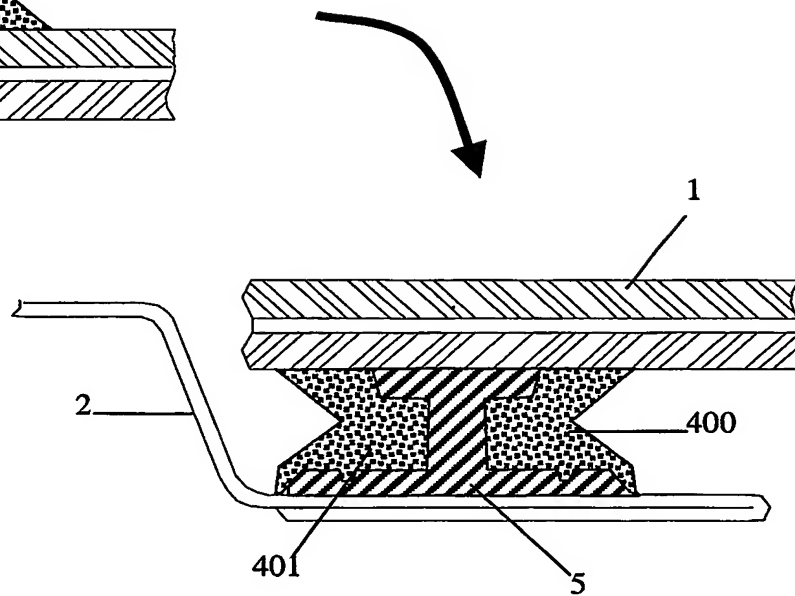


FIG. 11b



11/11

FIG. 12

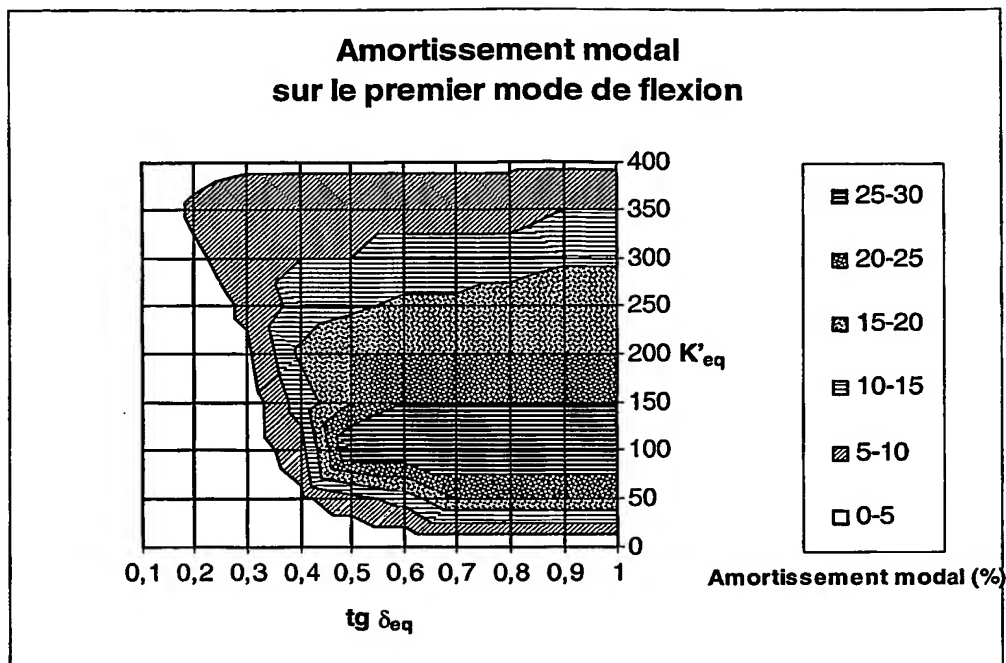


FIG. 13

